



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO”

1. MEMORIA

Ismael Longás Esparza

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 23-02-2012

INDICE

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2.	OBJETIVOS TECNICOS.....	2
2.3.	OBJETIVOS OPERATIVOS	2
3.	ANTECEDENTES	4
3.1.	NECESIDAD DEL PROYECTO.....	4
3.2.	ESTADO DEL ARTE	5
4.	DESCRIPCION TECNICA.....	6
4.1.	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	6
4.2.	METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO	10
4.2.1.	FASE 1: PROPUESTA DE POSIBLES SOLUCIONES.....	11
4.2.2.	FASE 2: CÁLCULO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPE	12
4.2.2.1.	Peso propio.....	13
4.2.2.2.	Sobrecarga de uso.....	14
4.2.2.3.	Sobrecarga de viento	15
4.2.2.4.	Uniones y vinculaciones.....	18
4.2.2.5.	Cálculo de la estructura.....	21
4.2.3.	FASE 3: SELECCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL.....	24
4.2.4.	FASE 4: DISEÑO Y MODELADO DE LA CUBIERTA ESCENARIO CON EL PROGRAMA TEKLA STRUCTURES	25
4.2.4.1.	Programa Tekla Structures	25
4.2.4.2.	Estructura	26
4.2.4.3.	Uniones atornilladas	32
4.2.4.4.	Uniones soldadas.....	43
4.2.4.5.	Placas de apoyo	47
4.2.4.6.	Comprobación antivuelco	49
4.2.5.	FASE 5: FABRICACIÓN	50
4.2.5.1.	Despiece	50
4.2.5.2.	Preparación, enderezado y conformación	50
4.2.5.3.	Cortes y perforaciones.....	51



4.2.5.4.	Armado.....	52
4.2.5.5.	Preparación de superficies y pintura	53
4.2.5.6.	Marcado e identificación de elementos	53
4.2.6.	FASE 6: MONTAJE.....	54
4.2.6.1.	Programa de Montaje	55
4.2.6.2.	Soportes, anclajes y apoyos.....	55
4.2.6.3.	Planos de montaje.....	56
4.2.6.4.	Transporte.....	56
4.2.6.5.	Recepción, Almacenamiento y Manipulación.	56
4.2.6.6.	Soldadura en obra.....	57
4.2.6.7.	Montaje.....	57
5.	PRESUPUESTO.....	59
6.	CONCLUSIONES.....	61

1. INTRODUCCION

El presente documento, se realiza como Proyecto Fin de Carrera por el alumno ISMAEL LONGÁS ESPARZA estudiante de Ingeniería Técnica Industrial especialidad en Mecánica, en la Universidad Pública de Navarra.

AMAIUR estructuras S.L. es una empresa fundada en 1993, líder especialista en el cálculo, diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas. Ubicada en el polígono industrial de Lekunberri, Navarra; con número CIF: B39338058 y como objeto social las actividades inmobiliarias. Emplea a 42 trabajadores, divididos en los departamentos de cálculo, diseño, compras, fabricación y montaje.

El sector de las estructuras metálicas atraviesa un momento difícil debido a la crisis que asola Europa. Los márgenes de beneficio del sector rondan el 10% y el precio del acero vuelve a cotas altas debido a su demanda en países emergentes. Aun así, es uno de los materiales más robustos, atractivos y sostenibles, ya que es 100% reciclable. Estas características lo convierten en un elemento clave para las nuevas generaciones de construcción.

Con motivo de la celebración de las Jornadas Mundiales de la Juventud cristiana en Madrid, se requiere de una cubierta escenario donde albergar la homilía que se oficiará como acto de inauguración de las mismas. Se ubicará en la Plaza Cibeles y deberá ser visible por el máximo número de personas posible que se congreguen para la ocasión.

En este contexto nace el presente proyecto, con **objetivo principal, diseñar, desarrollar y construir** una **cubierta escenario** de uso puntual; aportando la documentación necesaria de índole legal, técnica y económica, que permita definir completamente la ejecución del mismo.

El presente proyecto se ha llevado a cabo entre el 15 de mayo del 2011 y el 31 de julio del año 2011, con un presupuesto estimado de 180.000 €.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El **objetivo general** del presente proyecto fin de carrera consiste en **diseñar, fabricar y montar una cubierta escenario**, cumpliendo con la normativa vigente en orden a obtener los permisos y licencias de todos los organismos competentes.

2.2. OBJETIVOS TECNICOS

Diseñar y calcular la estructura metálica considerando una **separación máxima entre pórticos de 2.50 metros, con cerramiento en cubierta** y sin cerramiento en laterales. La **pendiente** de la cubierta será **del 4%**.

Obtener una gran **integración en el paisaje**, dando en todo momento **sensación de proximidad**.

Elegir los **perfiles comerciales** según las características mecánicas y prestaciones que se pretenden conseguir.

Considerar la **zona eólica** correspondiente a su ubicación y aplicar **sus sobrecargas** adecuadas.

Modelar y desarrollar el modelo para obtener el despiece, sus planos de fabricación y montaje.

Carecer de anclaje o cimentación alguna con el suelo, debido a la imposibilidad de modificación de éste, como norma prioritaria del cliente.

Montar la totalidad de la **estructura en los tiempos establecidos**.

2.3. OBJETIVOS OPERATIVOS

Diseñar los pórticos a un agua, con aproximadamente una luz total de 16 metros, un alero izquierdo de 8 metros, y de 9 metros el derecho. Deberán ser rígidos en su comportamiento.

Aplicar la normativa CTE DB-SE AE, (Código Técnico Edificación, Documento Básico - Seguridad Estructural Acciones Edificación) para el cálculo de la estructura.

Debido a su ubicación, utilizar para sobrecarga de viento los datos pertenecientes a una zona eólica A, y un grado de aspereza V, debido a la zona geográfica, Madrid, y a la morfología que rodea la ubicación, grandes ciudades, edificios con altura.

Establecer un periodo de servicio de 50 años a pesar de su uso puntual.

Considerar la estructura para efectos de cálculo como una marquesina de 25 metros de profundidad, cerrada por su cara posterior.

Utilizar únicamente perfiles comerciales de aceros con las siguientes características:

Tipo acero	Acero	Lim. Elástico (kp/cm^2)	Módulo de elasticidad (kp/cm^2)
Aceros Laminados	S275	2806	2100000

Usar el peso propio de la estructura como única forma de anclaje con el suelo. Es por ello que se vuelve imprescindible recalcular los perfiles, para establecer la solución más económica, dentro de las soluciones que sean capaces de sustentarse por su propio peso.

Diseñar la estructura con una estética horizontal y con cerramientos en blanco, para dar mayor sensación de proximidad.

Recalcular los perfiles de la estructura para disminuir el peso y abaratar el coste de la misma.

Diseñar las piezas y conjuntos de la estructura teniendo en cuenta las restricciones de medidas debido a su obligado transporte por carretera.

Las uniones a realizar en obra entre los distintos conjuntos de piezas deberán ser en su mayoría, uniones atornilladas para facilitar el montaje y desmontaje.

La totalidad de la estructura deberá ser montada en los tres turnos de noche para los que el Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid nos da licencia.

Debido a las fechas en las que la estructura estará montada, mediados de agosto, **no se tendrá en cuenta la acción de la nieve.**

3. ANTECEDENTES

3.1. NECESIDAD DEL PROYECTO

Como ya hemos expuesto en la introducción, en el mes de agosto, más concretamente los días 16, 17, 18, 19, 20 y 21, tendrán lugar en Madrid la celebración de las Jornadas Mundiales de la Juventud cristiana. Se trata de un acontecimiento social en el que se celebrarán diferentes actos y al que acudirán numerosos practicantes del cristianismo, así como sus líderes religiosos, destacando por encima de todos la visita del Papa, Benedicto XVI.

Se establecerá en Madrid el centro neurálgico de las Jornadas y en donde se celebrarán una serie de actos presididos por el pontífice. Tendrán lugar en diferentes puntos de la ciudad como el Aeródromo de Cuatro Vientos, el Parque del Retiro, el Monasterio de El Escorial y otros lugares representativos en el centro de la ciudad.

El martes 16 de agosto, como acto oficial de bienvenida y apertura de las Jornadas Mundiales de la Juventud, se celebrará una homilía inaugural a las 22:00 horas, dirigida por el obispo de Madrid, Antonio Rouco Varela. Por ello, se requiere de una cubierta escenario donde albergar la presencia de su santidad, quien será acompañado por un nutrido grupo de representantes de las mismas. Esta, se ubicará en la Plaza Cibeles y deberá ser visible por el máximo número de personas posible que se congreguen para la ocasión.

Debido a su uso y su ubicación, se trata de una estructura puntual, de fácil y rápido montaje y desmontaje, a la cual podrá vincularse o no, el escenario y los equipamientos que sean necesarios para el desarrollo de la actividad.

Otra de las características principales es la imposibilidad de anclaje de la estructura al suelo. Tras la clausura de las jornadas la estructura deberá ser desmontada y retirada. El lugar donde hay quedado emplazada, deberá encontrarse en su estado inicial, sin haber sufrido desperfectos del tipo, hundimiento de suelo, fisuras de las baldosas, daños en farolas, árboles, etc.

El transporte de la cubierta a su ubicación deberá realizarse por carretera, mediante transporte cualificado. A la hora de diseñar la cubierta, habrá que tener en cuenta las dimensiones de estos, para diseñar las piezas en función de dichas medidas.

Así mismo, dada su ubicación, se dispone de un tiempo reducido para su montaje y desmontaje y así minimizar las molestias que podría ocasionar el proceso. Por ello, la

estructura deberá ser fácil en su proceso de acoplamiento, intentando fabricar en taller el mayor número de piezas armadas posibles, siempre y cuando no superen las dimensiones límite del transporte; dejando como atornilladas las uniones entre armados que se vayan a realizar en la obra.

3.2. ESTADO DEL ARTE

Las Jornadas Mundiales de la Juventud se celebran cada dos o tres años, con una sede distinta a la anterior, estableciendo una ciudad como centro neurálgico de las jornadas. Anteriormente tuvieron lugar en Buenos Aires, París, Roma, Colonia, Sídney y un largo etcétera.

Estas jornadas se celebraron por primera vez en Buenos Aires (Argentina, 1987). En España solo se han celebrado una vez, agosto de 1987, en Santiago de Compostela. A continuación una fotografía de cómo fue el escenario para aquella ocasión.

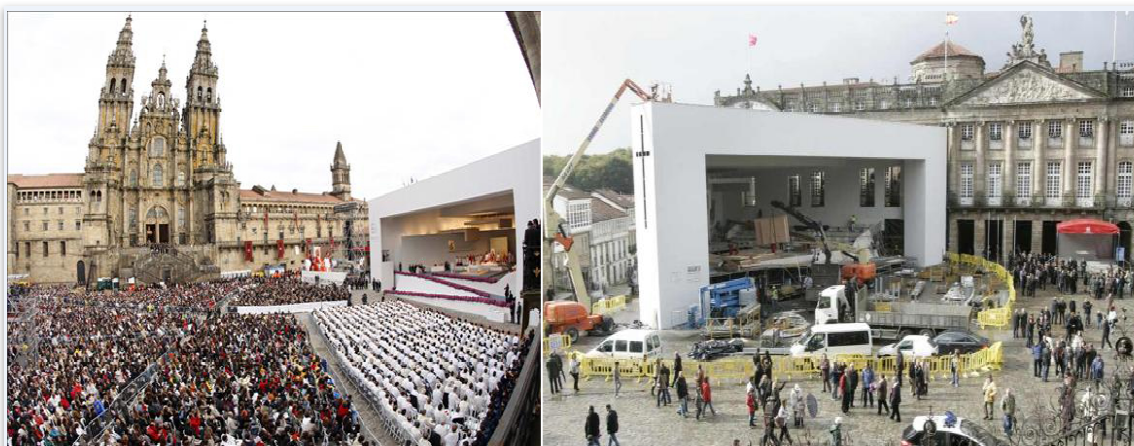


Ilustración 1

Las últimas y más recientes tuvieron lugar en 2005 Colonia (Alemania) y 2008 Sídney (Australia), donde se instalaron los siguientes escenarios:



Ilustración 2

Para las celebraciones que tendrán lugar en Madrid, se va a instalar otro escenario de mayores dimensiones en el Aeródromo de Cuatro Vientos, del cual poseemos el siguiente boceto.

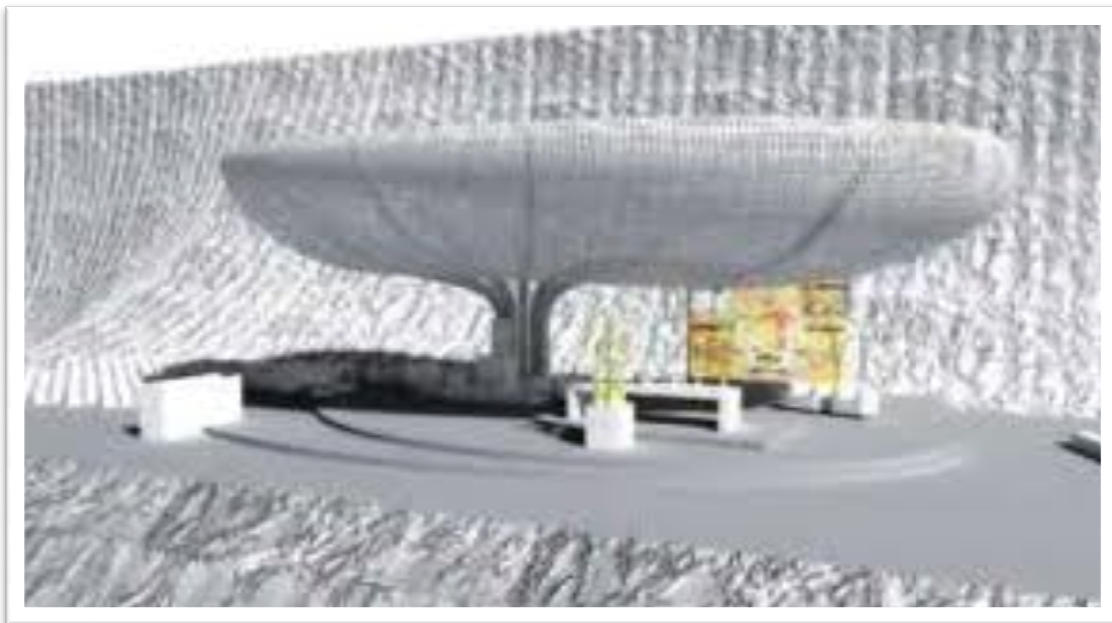


Ilustración 3

Todos ellos son estructuras puntuales, de diferentes dimensiones, las cuales varían según su ubicación. **La obsesión por que el Papa no esté alejado de la gente ha hecho que todo sea más horizontal y más blanco.**

4. DESCRIPCION TECNICA

4.1. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

Debido a las características del evento, se requiere de un escenario cubierto y solo cerrado por la parte posterior, dejando visibles los dos laterales y la fachada frontal, donde tengan cabida determinados representantes de las jornadas, así como los equipamientos necesarios para celebrar el acto de inauguración de las jornadas. Por ello, se ha decidido construir una estructura metálica puntual con forma de marquesina, con capacidad para albergar a 100 personas y todos los equipamientos necesarios para la ocasión.

Tras analizar los antecedentes de estructuras desarrolladas para las Jornadas Mundiales de la Juventud en las distintas ciudades y valorar las diferentes opciones, se ha esbozado un boceto (ilustración 4) de la solución para la ocasión.

La estética de la estructura no deberá ser muy voluminosa, tratando siempre de interceder lo mínimo posible en la visión del edificio situado tras la estructura. Deberá simular una marquesina ovalada, tal y como se representa en la imagen siguiente.

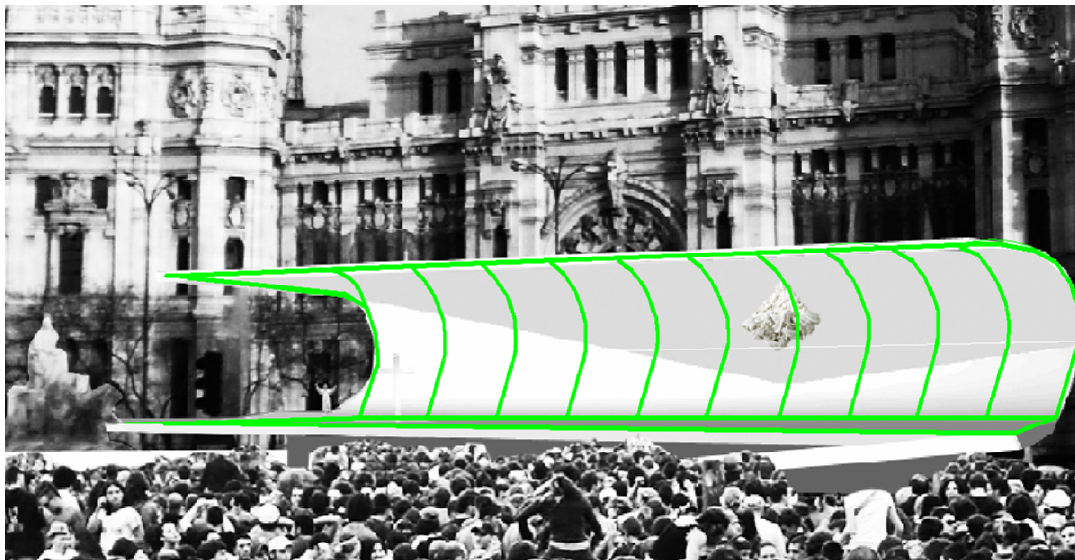


Ilustración 4

Dicha cubierta escenario estará situada en la Plaza Cibeles, delante del antiguo edificio de correos; y donde actualmente se encuentran las dependencias del ayuntamiento de Madrid. Esta plaza es uno de los lugares más emblemáticos de la ciudad, tiene una superficie aproximada de 18.000 metros cuadrados, y además se trata de la confluencia de la calle Alcalá, el paseo de Recoletos y el paseo del Prado, donde poder albergar la multitud de gente congregada para la ocasión.

El área de la base de la estructura, no podrá exceder los límites representados en la ilustración 5. En ella, se puede apreciar una área sin sombrear, correspondiente a un espacio sin apenas desnivel, de aproximadamente 700 m², distribuidos en 33 metros de largo por 21 metros de ancho, donde colocar la cubierta escenario.



Ilustración 5

La cubierta deberá tener una altura media aproximada de 8 metros, contabilizados desde el suelo, dejando siempre una altura útil, entre la base del escenario y la parte inferior de la cubierta, de al menos 6 metros en su punto más bajo.

Así mismo, deberá poseer bajo cubierta el mayor espacio libre posible, usando para ello el menor número de elementos estructurales que intercedan en dicha superficie.

Debido a las restricciones del excelentísimo ayuntamiento de Madrid, al tratarse de una estructura puntual, ésta no podrá poseer ningún tipo de anclaje al suelo mediante pernos, varillas roscadas, o cualquier otro elemento que modifique la morfología del terreno, por lo que el peso propio de la estructura actuará como único sistema de amarre. Teniendo en cuenta además, que una vez desmontada la estructura, las baldosas que soporten su peso no podrán tener desperfectos del tipo, fisuras, hundimientos, etc.

La superficie libre anteriormente expuesta, está formada por baldosas de granito, las cuales apoyan sobre un terreno compuesto de material de relleno compactado. Cada una de ellas tiene un área de 1m^2 , y un espesor de 10 cm. Para evitar que se fracturen y o se hundan, tendremos en cuenta el valor de la tensión de rotura del granito; así como la tensión admisible del terreno.

A partir de estos datos calcularemos las placas de anclaje donde apoyará la estructura. El tamaño dependerá del número de apoyos, de las dimensiones de los mismos, así como del peso de la estructura que cada uno de ellos soporte.

Toda la estructura será realizada en acero según lo indicado en la normativa del Código Técnico de la Edificación para el cálculo de cargas, el dimensionado de los perfiles y las uniones de los mismos.

El acero es el material estructural por excelencia para estructuras, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar el peso con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.

Por requisitos de obra, el acero a utilizar es el S-275-JR. La primera sigla “S”, es la inicial de Steel, acero en lengua inglesa. La siguiente cantidad numérica, es el límite elástico en MPa, en elementos cuyo espesor no supere los 40 mm. En espesores superiores la resistencia de cálculo es menor. Las últimas siglas (JR) indican su sensibilidad a la rotura frágil y su soldabilidad, en este caso para construcciones ordinarias.

Las uniones soldadas serán con electrodo de rutilo y utilizaremos la Norma UNE-14.035 para el cálculo de los cordones de soldadura.

El escenario está formado por agrupaciones de elementos estructurales, los cuales principalmente constituyen una base y una cubierta, asemejándose esta última en su estructura a una marquesina.

La base se compone de vigas longitudinales y transversales, unidas entre sí, formando un bastidor; el cual soportará los esfuerzos mecánicos de la marquesina, contrarrestará su peso y la posibilidad de vuelco de la misma. Conviene recordar las restricciones de anclaje al suelo, por lo que la base se vuelve indispensable como contrapeso de la marquesina, además en ella irán ubicados los apoyos con el suelo. Para ello utilizaremos perfiles comerciales del tipo IPE, HEA y similares.

La marquesina, a su vez, estará formada por una cubierta y un conjunto de pilares. Los últimos son elementos estructurales, que servirán para elevar y sujetar la cubierta. Como hemos visto en el boceto inicial, para poseer el mayor espacio libre posible, los pilares irán en la parte posterior de la base y tendrán una forma curvada. Para ello, en el tramo recto del pilar utilizaremos perfiles comerciales del tipo IPE, HEA, y para el tramo curvo utilizaremos llantas soldadas creando un perfil en forma de I con un radio de giro determinado.

La estructura para el escenario de dicha cubierta podrá vincularse o no a la base de la misma.

La estructura principal de la cubierta estará compuesta por vigas, en esta caso denominadas como dinteles, conformados mediante perfiles del tipo IPE. Si es necesario darle una mayor rigidez al conjunto de la cubierta, se dispondrá de vigas transversales que unan longitudinalmente todos los dinteles, creando un bastidor. Así mismo, contendrá una estructura auxiliar que servirá de amarre para los cierres de la cubierta. Dicha estructura estará compuesta por perfiles comerciales de tubo cuadrado hueco, como por ejemplo RHS. Estará vinculada a la estructura a través de los dinteles anteriormente citados.

En resumen, la cubierta-escenario constará de un total de 11 pórticos, todos ellos unidos longitudinalmente mediante vigas, arriostrados, y otros elementos constructivos. Cada uno de los pórticos estará formado por una viga perteneciente a la base, un pilar y un dintel. La separación entre pórticos será de 2,5 metros. Y el escenario tendrá una luz aproximada de 16 metros. A continuación detallamos un boceto (Ilustración 6) del resultado a obtener al finalizar el proyecto.

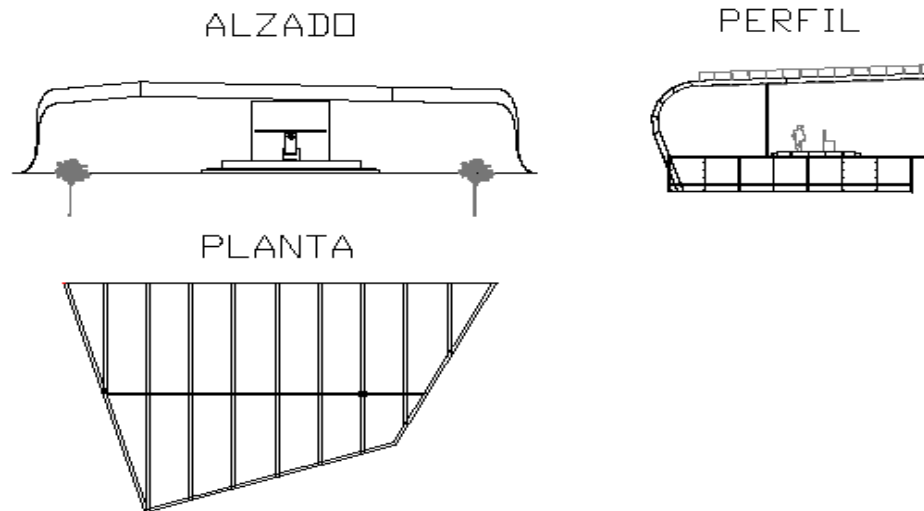


Ilustración 6

4.2. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Tal y como se ha comentado anteriormente, el objetivo principal del presente proyecto consiste en diseñar, fabricar y construir una cubierta escenario, así como aportar la documentación necesaria de índole legal, técnica y económica, que permita definir completamente la ejecución de la obra, cumpliendo con la normativa vigente en orden a obtener los permisos y licencias de todos los organismos competentes.

Para alcanzar este objetivo se aunarán los conocimientos del equipo de ingenieros, la experiencia y profesionalidad de los operarios de taller y la destreza del equipo de montaje. Para ello el proyecto se va a dividir en seis actividades o fases que detallamos a continuación:

- FASE 1: Propuesta de posibles soluciones
- FASE 2: Cálculo de las soluciones propuestas mediante el software CYPE
- FASE 3: Selección de la propuesta final
- FASE 4: Diseño y modelado de la cubierta escenario con el programa TEKLA STRUCTURES
- FASE 5: Fabricación
- FASE 6: Montaje

Procedemos a desarrollar cada una de las fases:

4.2.1. FASE 1: PROPUESTA DE POSIBLES SOLUCIONES

El objetivo de esta primera fase es proponer y valorar las distintas soluciones que se puedan adoptar. Los departamentos de oficina técnica y cálculo trabajan conjuntamente para obtener la estructura final a desarrollar.

Se exponen a continuación las dos propuestas planteadas más interesantes.

- 1ª PROPUESTA

Se ha pensado en una cubierta sujeta mediante tirantes, los cuales parten del eje de los pilares situados en la parte posterior de una plataforma, cuya función es evitar el momento de vuelque que produce el conjunto de la cubierta y los tirantes, en la base de los pilares.

Los tirantes favorecen el espacio libre en el escenario ubicado sobre la estructura que conforma la plataforma, debido a la ausencia de pilares u otros elementos estructurales. Por el contrario suponen una estructura estéticamente más voluminosa y con menos sensación de horizontalidad. A continuación se presenta un sencillo boceto.



Ilustración 7

- 2ª PROPUESTA

Otra posible solución que se ha planteado consta de una cubierta apoyada en los pilares de la parte posterior de la plataforma, y en dos nuevos pilares situados en el centro de la cubierta. El peso de la cubierta se repartirá a esos pilares mediante una viga de transversal a los dinteles, que a su vez servirá de atado de los mismos.

Al introducir esos dos nuevos elementos estructurales, la plataforma que conforma la base podrá ser más pequeña, ya que el momento de vuelque en la base de los pilares es menor.

Los tirantes desaparecen, ganando estéticamente la horizontalidad deseada, pero por el contrario, se pierde espacio libre en el escenario debido a la irrupción de los dos pilares. Se representa la idea en la siguiente ilustración.

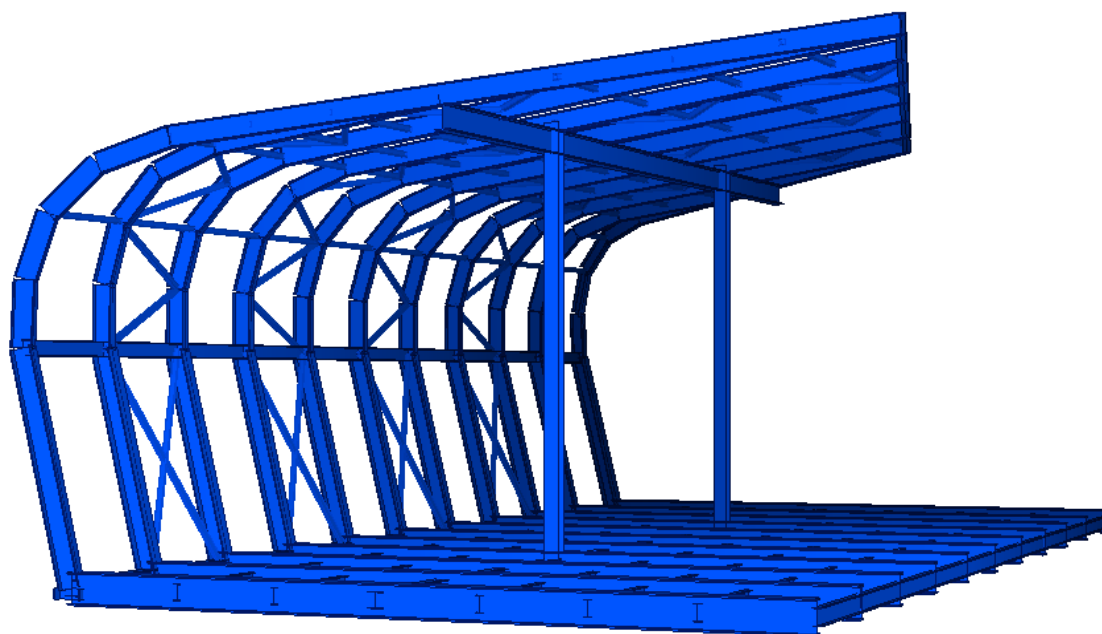


Ilustración 8

4.2.2. FASE 2: CÁLCULO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPE

Tras la lluvia de ideas de la primera fase hemos obtenido dos posibles soluciones, cada una con sus ventajas e inconvenientes. En esta segunda fase detallaremos el método usado, describiendo los pasos a seguir para obtener el cálculo de ambas estructuras mediante el programa CYPE.

Para hallar las cargas actuantes sobre la cubierta escenario, se acudirá al Código Técnico de la Edificación, en su apartado DB-SE-AE: Acciones en la Edificación, la cual nos determina las cargas que tiene que soportar la estructura, en todos los conceptos en ella estimados y que influyan para el cálculo de la misma.

Para dimensionar la estructura se actuará también con lo dispuesto en el Código Técnico de la edificación CTE.

Para introducir las cargas superficiales sobre la estructura es necesario plantear la transformación de dichas cargas. Las vigas, modelizadas como barras, sólo pueden absorber cargas puntuales o lineales, por ello, una vez determinadas las cargas superficiales que soporta la estructura, para conocer las cargas que están afectando a las vigas correspondientes es necesario transformar dichas cargas superficiales en otras lineales.

Para transformar la carga superficial en una lineal se multiplicará la primera por el ámbito de carga correspondiente. La distribución de este ámbito de carga para cada viga se puede ver en el siguiente esquema:

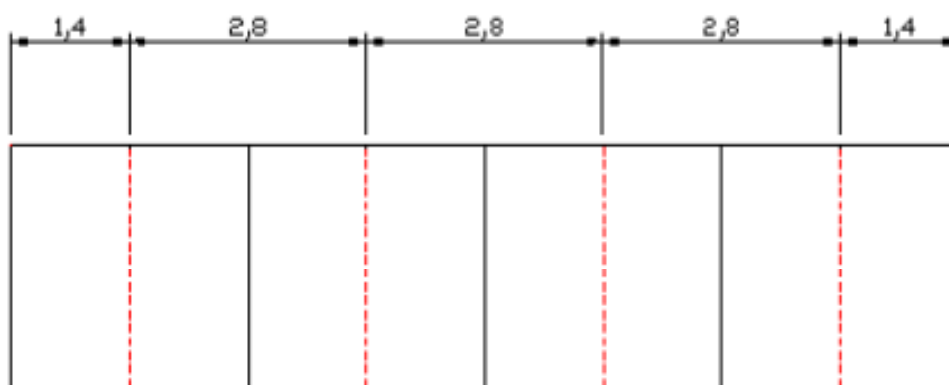


Ilustración 9

Como se muestra en la figura, toda carga superficial que esté situada en los primeros 1.4 metros será soportada por la primera viga en celosía, la carga superficial que esté situada en los 2,8 metros siguientes será soportada por la viga que está en segundo lugar, y así sucesivamente.

A continuación se calculan todas las cargas a tener en cuenta, éstas son:

- Peso propio.
- Sobrecarga de uso.
- Sobrecarga de viento.

4.2.2.1. **Peso propio**

Para dimensionar la carga del peso propio de la estructura, se ha tenido en cuenta además del peso del acero con el que se construye la misma y cuyo valor es estimado por el programa al realizar los cálculos, el peso del cierre de la cubierta formado por telas de 10mm de espesor, las cuales cubren dicha estructura ocultándola.

Todas estas cargas son multiplicadas en el programa por su correspondiente coeficiente de ponderación.

Para **el peso de la estructura**, esta carga se calcula directamente por el programa según el tipo de acero y el tipo de perfil en cada caso.

Para **el peso de la cubierta** el proceso difiere debido al cerramiento. A las **telas de 10mm de espesor que cubren la estructura**, se les asigna un peso de **10.00 kg/m²**, actuando como una carga uniforme sobre toda la estructura.

Esta carga se repartirá de forma uniforme y lineal sobre las vigas que conforman la cubierta. Como hemos visto en los bocetos de las soluciones propuestas, la longitud de los dinteles que conforman la cubierta varía.

Para calcular la carga lineal de cada dintel multiplicaremos los 10.00 kg/m² por la separación entre pórticos (como hemos visto en el ejemplo de la ilustración 9, los dinteles de los extremos soportarán la mitad de carga que los centrales.). El resultado obtenido lo multiplicamos por la longitud de cada dintel y tenemos la carga que soporta en kilogramos.

4.2.2.2. Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Se recogen los distintos usos en la siguiente tabla del DB-SE-AE:

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Ilustración 10

Ninguno de los usos expuestos en la tabla se ajusta a nuestro proyecto. Por tanto, la **única sobrecarga de uso** es la debida a **los equipamientos** necesarios para la celebración del acto, como pueden ser luminarias, aparatos de sonido, elementos decorativos, etc.

Dicha sobrecarga no está recogida en los valores contemplados en la tabla anterior, debiendo determinarse de acuerdo con los valores del suministrador o las exigencias de la propiedad. En este caso debemos suponer una **sobrecarga de uso** para instalaciones **de 50 kN** en el extremo del dintel.

Se trata de una carga muy pequeña en comparación con el peso propio o la acción del viento, por ellos se puede prescindir de ella a la hora del cálculo.

4.2.2.3. Sobrecarga de viento

Según el artículo 3.3.2 del CTE SE-AE, se establece la acción de viento, q_e como:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

Siendo:

- q_b , la presión dinámica del viento.
- c_e , el coeficiente de exposición
- c_p , el coeficiente eólico o de presión

Procedemos al cálculo de dichos coeficientes.

➤ q_b

La presión dinámica del viento, varía en función del emplazamiento geográfico de la obra. Para calcularla acudimos al Anejo D del documento.

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo δ la densidad del aire y v_b el valor básico de la velocidad del viento.

Estos valores son diferentes según la zona geográfica y se obtienen mediante el mapa que aparece en la página siguiente (ilustración 11).

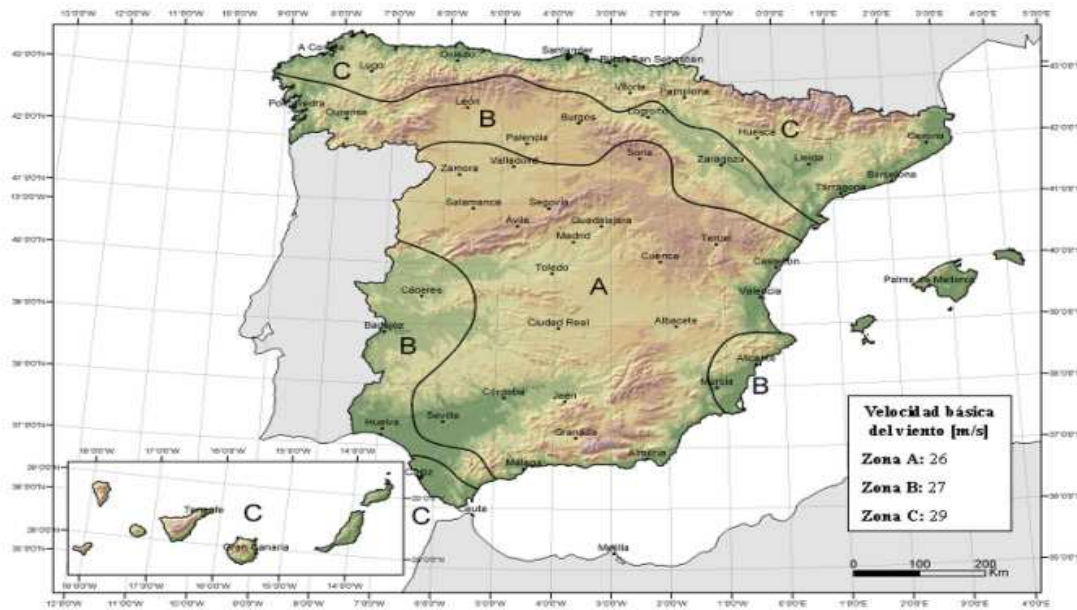


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Ilustración 11

La zona A es la correspondiente a nuestra ubicación (Madrid), donde la velocidad del viento es de 26 m/s . La densidad del aire adopta generalmente el valor de 1.25 kg/m^3 , por tanto:

$$q_b = 0,5 \cdot 1.25 \cdot 26^2 = 0,04 \text{ T/m}^2$$

➤ c_e

Se trata de de un coeficiente variable con la altura del punto considerado, en función de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en la siguiente tabla

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Ilustración 12

Tomamos un grado de aspereza: V, correspondiente a grandes ciudades, con edificios en altura. Por tanto el valor del coeficiente en nuestro caso es:

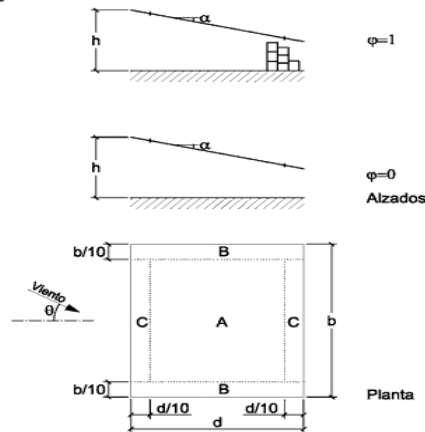
$$c_e = 1,23$$

➤ c_p

Los coeficientes de presión exterior dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.

Cuando en al menos dos de los lados del edificio el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado, la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina. A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3

Tabla D.10 Marquesinas a un agua



Coeficientes de presión exterior					
$c_{p,10}$					
Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Ilustración 13

Nuestro factor de obstrucción (ϕ) es 1, y la pendiente de la cubierta (α) del 4%, por tanto tomamos los valores siguientes, diferentes para cada zona de la cubierta:

$$C_p A = -1,5$$

$$C_p B = -1,8$$

$$C_p C = -2,2$$

El valor negativo indica que la acción del viento tiende a levantar la marquesina, aún así debemos considerar la fuerza del viento tanto a presión como a succión.

Una vez calculados los coeficientes, los introducimos en la fórmula de la sobrecarga de viento y obtenemos q_e en las distintas partes de la cubierta:

$$\text{Zona A} \longrightarrow q_e A: 0,075 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Zona B} \longrightarrow q_e B: 0,09 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Zona C} \longrightarrow q_e C: 0,1 \text{ T/m}^2$$

Estas cargas las tendremos en cuenta tanto para la cubierta como para la fachada posterior de la estructura, asegurándonos así que cumple los requisitos de cálculo en el caso más desfavorable. Sólo se aplican a la estructura principal (dinteles, pilares, vigas...), no a elementos estructurales como correas, atados, pórticos de frenado, etcétera.

4.2.2.4. Uniones y vinculaciones

El siguiente paso es simular el comportamiento de los elementos de unión y las vinculaciones entre elementos.

Para ello primero definiremos las características de cada una de las posibles uniones, en nuestro caso sólo consideraremos dos tipos las articuladas y las rígidas.

Las **uniones articuladas**, son aquellas en las que no se desarrollan momentos significativos que puedan afectar a los miembros de la estructura. Serán capaces de transmitir las fuerzas y de soportar las rotaciones obtenidas en el cálculo.

Las **uniones rígidas**, son aquellas cuya deformación (movimientos relativos entre los extremos de las piezas que unen) no tiene una influencia significativa sobre la distribución de esfuerzos en la estructura ni sobre su deformación global. Deben ser capaces de transmitir las fuerzas y momentos obtenidos en el cálculo.

A continuación detallamos como hemos considerado cada una de las uniones entre los elementos estructurales realizadas en el diseño de la cubierta escenario.

La unión entre el tramo recto y el tramo curvo de los pilares se considerará un empotramiento. Para ello se colocará una chapa de 20mm de espesor, a la que se soldarán ambas partes en taller. Así se podrá considerar el cuerpo como rígido y las dos partes constituirán un único elemento constructivo.

La unión entre pilar y dintel va a ser empotrada es decir en este punto va a existir un gran momento producido por las cargas uniformes de los dinteles principalmente y que se va a transmitir al pilar, además de un esfuerzo axial y un cortante. En este caso existirá una placa de unión soldada a los dos perfiles. Con esta placa el dintel se atornilla al pilar mediante tornillos de alta resistencia lo suficientemente separados para absorber el momento flector producido en la unión.

La unión entre las vigas de la base y las vigas perimetrales se considerará como una articulación, ya que las vigas de la base apenas soportan cargas, por tanto no generan momentos. Se realizará mediante dos placas soldadas cada una a uno de los elementos y se unirán mediante cuatro tornillos, para que la base conforme un bastidor.

La unión entre los pilares y las vigas de la base va a ser empotrada porque se va a unir mediante una chapa soldada al pilar y atornillada al ala de la viga con ocho tornillos de alta resistencia. Empotramiento de todas las barras que llegan al nudo. Coacción exterior: Sin coacción exterior. Este nudo es importante considerarlo empotrado por tratarse de la unión entre los pilares que soportan la cubierta y la base ya que en la unión se genera todo el momento producido por todas las cargas en cubierta y fachada. Se reforzará mediante cartelas.

La unión entre la viga transversal de la plataforma y las vigas de la base será una unión articulada, porque simplemente se realiza para unir longitudinalmente las bases y dar rigidez, pero apenas soporta cargas. Se realizará mediante cuatro tornillos que unirán el ala en contacto de las mismas. La viga transversal hará de atado para las vigas perpendiculares que conforman la base.

Los dinteles van colgados de la viga transversal de cubierta, o viga de carga, de forma articulada ya que no se generan momentos en ese punto. Los dinteles son enteros y su propio perfil absorbe el posible momento.

La unión de los pilares interiores con la viga de la base en la que apoya dicho pilar, va a ser empotrada. Empotramiento de todas las barras que llegan al nudo. Coacción exterior: Sin coacción exterior. Se realizará mediante una chapa soldada al pilar y atornillada al ala de la viga con seis tornillos de alta resistencia.

La unión entre la viga transversal de cubierta o viga de carga y los pilares centrales se considerará empotrada, ya que dicha viga soporta mucha carga y conviene que el pórtico que conforman sea lo más rígido posible. Sin coacción exterior.

La unión entre la viga que servirá de apoyo para los pilares centrales, y las vigas de la base que conforman los pórticos se considera. El pilar generará una carga sobre la viga de apoyo, la cual generará un momento en la unión de esta con la viga de la base.

La unión entre los elementos de arriostrado en cubierta y los dinteles es una articulación. Las barras de arriostrado irán soldadas perimetralmente desde taller formando un conjunto de dos alineaciones. Los arriostrados están capacitados únicamente para trabajar a tracción y/o compresión, por tanto no se va a generar momento en ese punto ya que si fuera así se cargaría de tensión la barra de arriostrado.

La unión entre los pórticos de frenado y los pilares se considera igual que la anterior, ya que la única diferencia entre los arriostrados y los pórticos de frenado, es que los primeros dan rigidez a la cubierta y los segundos a la fachada. Los perfiles de ambos elementos estructurales son similares.

La unión entre los atados y los pilares, va a ser una articulación. Las barras de atado poseen las mismas características que los arriostrados y los pórticos de frenado. Irán soldadas al pilar en uno de sus lados, y en el contrario con una chapa y cuatro tornillos atornillados al ala del pilar.

La unión de la estructura del peto y las vigas de cubierta es una unión empotrada. Se soldará en taller perimetralmente el perfil al ala de la viga perimetral. Empotramiento de todas las barras que llegan al nudo. Coacción exterior: Sin coacción exterior

La unión entre los tirantes y los dinteles de cubierta es una articulación. Los perfiles del tirante serán soldados perimetralmente en obra al dintel. Ya que un tirante solo debe transmitir tracción y si lo empotráramos el dintel transmitiría momento flector al tirante, lo cual no conviene.

La unión del potelete correspondiente al tirante y el pilar va a ser una unión empotrada porque va a ir soldada desde fábrica mediante dos casquillos en el ala exterior del pilar. Empotramiento de todas las barras que llegan al nudo. Coacción exterior: Sin coacción exterior

Por último la unión entre las ménsulas para los apoyos con la viga de la base, va a ser empotrada, uniéndose mediante soldadura al alma de la viga. Empotramiento de todas las barras que llegan al nudo. Coacción exterior: Sin coacción exterior.

4.2.2.5. Cálculo de la estructura

Una vez obtenidas las sobrecargas de uso y de viento, ya tenemos los datos necesarios para realizar el cálculo definitivo de la estructura mediante la aplicación de cálculo de estructuras METAL 3D del programa CYPE.

Lo primero que se ha de realizar es el diseño en el programa. Introduciremos todas las barras con sus respectivas coordenadas y uniéndolas entre sí según lo descrito en el apartado de uniones.

Seguidamente se introducirán las **sobrecargas debidas al viento a presión y a succión, más el peso propio, más la sobrecarga de uso**, teniendo en cuenta el sentido y dirección de las mismas. Una vez introducidos todos los datos, el programa calculará el dimensionamiento óptimo de la barras.

El cálculo de esfuerzos y desplazamientos en los nudos se ha realizado mediante un análisis matricial de la estructura, en el que se ha supuesto que las barras son rectas, de sección constante y se comportan según la teoría elástica de primer orden. Se consideran unidas rígidamente entre sí por medio de nudos, los cuales poseen seis grados de libertad (tres en desplazamientos y tres en giros).

La estructura estará sometida a las acciones (fuerzas o momentos) aplicadas en los nudos, y cargas puntuales o uniformemente repartidas en las barras que se han calculado en el apartado anterior. Se supone que estas acciones son estáticas.

Observamos que en ningún momento hemos tenido en cuenta el peso del futuro escenario, ya que en principio no sé vinculará con la estructura. Si así fuera, se vincularía a la base, por lo que resultaría favorable para el comportamiento global de la cubierta escenario, ya que favorecería la dificultad al vuelco de la estructura.

En las siguientes figuras se muestran una perspectiva de los perfiles que conforman las dos soluciones propuestas inicialmente, las cuales se pueden ver con más detalle en el anexo de planos de este proyecto, planos 01 y 02.

- 1ª PROPUESTA

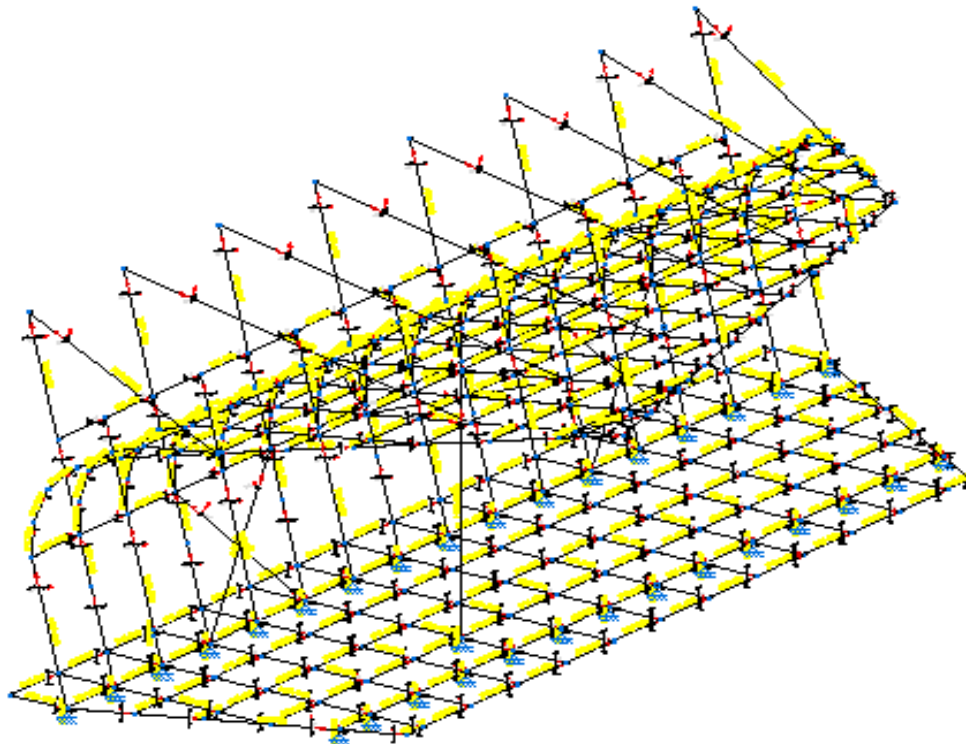


Ilustración 14

- 2ª PROPUESTA

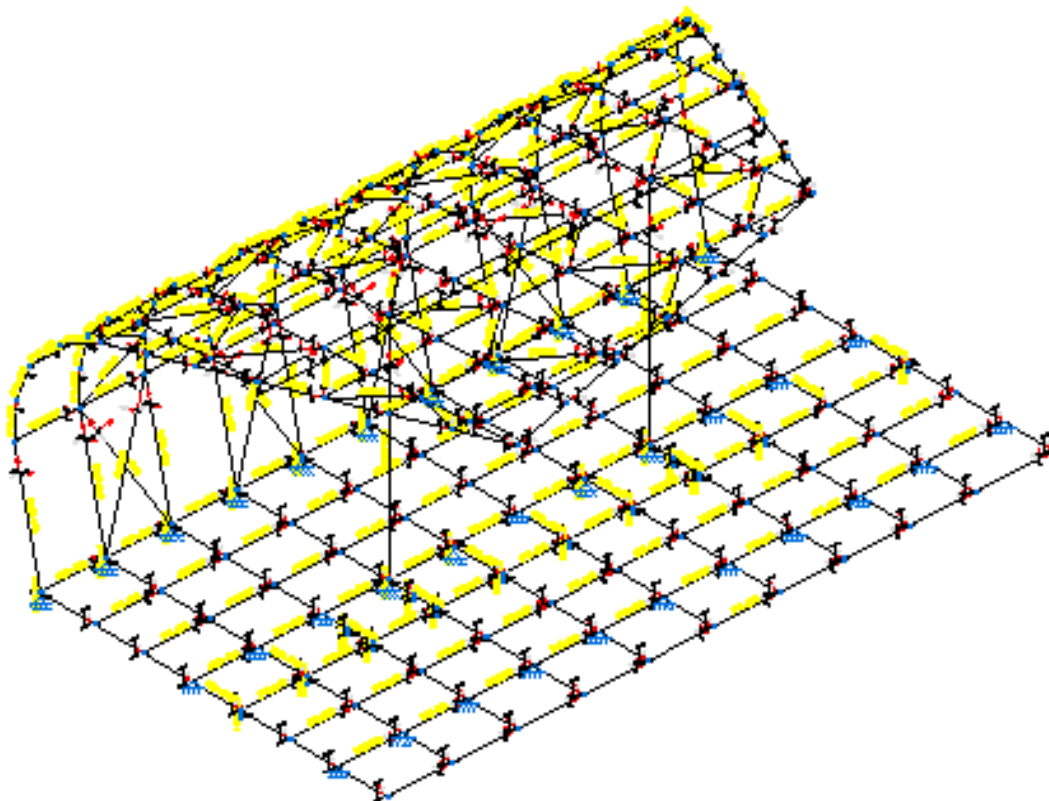


Ilustración 15

Como se puede comprobar en el plano topográfico (plano 31), el terreno no es perfectamente liso, por lo que cada uno de los apoyos irá ubicado en un nivel.

Para salvar este problema, utilizaremos un perfil a modo de ménsula que parta de la cara inferior de las vigas que conforman la base, la cual nos sitúe la placa de anclaje a la altura deseada, manteniendo nivelado el conjunto de la estructura.

Para el cálculo de las placas de anclaje de la estructura tendremos en cuenta que la superficie donde se ubica está formada por baldosas de granito, las cuales apoyan sobre un terreno compuesto de material de relleno compactado. Cada una de ellas tiene un área de 1m^2 , y un espesor de 10 cm. Para evitar que se fracturen y o se hundan, tendremos en cuenta el valor de la tensión de rotura del granito; así como la tensión admisible del terreno.

A continuación se exponen los datos necesarios:

Tensión de rotura del granito: 1.440 kg/cm^2

Tensión admisible del material de relleno compactado: 1 kg/cm^2

Con estos datos y la suma de las reacciones en los apoyos debidas al viento a presión y a succión, más peso propio, más sobrecarga de uso, obtenidas mediante el programa CYPE (planos 04 y 05); calculamos las placas de anclaje donde apoyará la estructura. El tamaño dependerá del número de apoyos, de las dimensiones de los mismos, así como del peso de la estructura que cada uno de ellos soporte.

Conviene recordar la imposibilidad de anclaje de la estructura al suelo, por lo que será la fuerza ejercida por el peso propio de la estructura el único método de sujeción. Esto se traduce a la hora del cálculo en que los apoyos solo verán restringidos sus desplazamientos en la dirección y sentido de la gravedad por la fuerza normal que ejerce el suelo sobre ellos.

Debido a las restricciones del programa CYPE en el que solo es posible limitar el desplazamiento en la dirección, siendo imposible limitar únicamente uno de los sentidos de la misma; para simular la situación real y realizar el cálculo de la estructura, eliminaremos aquellos apoyos en los que las reacciones nos salgan positivas, es decir, en el sentido de la normal. Este sentido de la reacción implicaría el levantamiento de la estructura en ese punto.

Por tanto una vez calculada la estructura con la totalidad de los apoyos diseñados, deberemos volver a recalcularla y comprobar que sigue cumpliendo, pero únicamente con aquellos apoyos en los que habíamos obtenidos reacciones negativas.

El número total de apoyos necesarios para evitar el vuelque serán la suma de los apoyos obtenidos mediante el cálculo del peso propio + viento a succión y el cálculo del peso propio + viento a presión.

4.2.3. FASE 3: SELECCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL

Tras el cálculo de las dos propuestas de cubierta escenario realizadas, el equipo de ingenieros de la empresa debe valorar ambas descripciones y decidir cuál será la solución a adoptar.

Para ellos se evaluarán los pros y contras de cada una de ellas, comprobando que cumplen con los objetivos técnicos y operativos anteriormente expuestos.

La primera propuesta posee la ventaja de tener un mayor espacio libre en el escenario. En contra juega su estética voluminosa debida a los tirantes, así como la cantidad de perfiles de acero necesarios para conformar la estructura. Además la colocación del cierre de cubierta sería muy laboriosa. En términos económicos sería difícil reducir el presupuesto de partida.

La segunda propuesta es una estructura estéticamente más horizontal, posee mucho espacio libre en el escenario aunque sea menor que en la primera y además su integración con el edificio del ayuntamiento es total, ya que apenas dificulta la visualización del mismo. Otra de las características más importantes es su ligereza en comparación con la propuesta anterior, así como su facilidad de montaje de la estructura y su cierre. Además recalculando sus dimensiones podría realizarse un importante reajuste de kilogramos, principalmente en la base de la estructura.

Teniendo todo esto en cuenta y valorando los antecedentes de las visitas de su santidad a España, así como sus requerimientos de horizontalidad e integración en el paisaje, la propuesta que más se adecúa es la segunda.

Previamente a su diseño se ha decidido recalcular la base de la estructura para aligerarla y reducir su presupuesto, reforzar la unión entre los pilares y las vigas de la base, ya que se trata del punto crítico de la estructura debido a los esfuerzos mecánicos que soporta causados por la cubierta.

Por motivos estéticos de la propiedad, se ha decidido que la viga de carga que soporta la cubierta vaya situada por encima de los dinteles que conforman la estructura, haciendo más fácil la colocación del cierre interior de la cubierta. Así mismo, se colocará en la cubierta una estructura perimetral en forma de peto para colocar el cerramiento frontal de la cubierta y disimular la viga de carga.

Por tanto la estructura final a modelar una vez recalculada y modificada la propuesta elegida, es la que aparece en los planos como propuesta final (plano 03). A continuación se muestra un boceto de la misma.

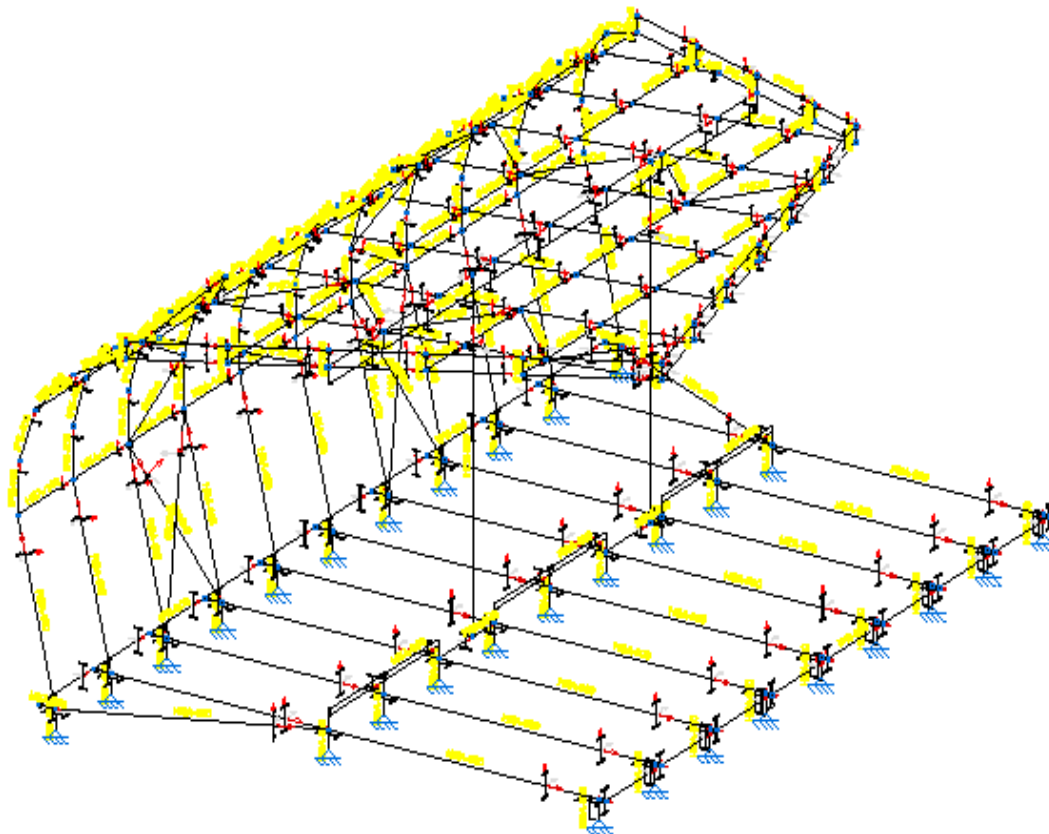


Ilustración 16

4.2.4. FASE 4: DISEÑO Y MODELADO DE LA CUBIERTA ESCENARIO CON EL PROGRAMA TEKLA STRUCTURES

En esta fase, el equipo de ingenieros del departamento de oficina técnica de la empresa, ayudados del programa informático TEKLA STRUCTURES, modelarán la estructura final calculada.

Se trata de un proceso de máxima importancia, del cual dependen directamente la fabricación y montaje de la estructura.

4.2.4.1. Programa Tekla Structures

Tekla Structures es un programa informático de diseño y fabricación en tres dimensiones, para el modelado, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras metálicas.

La utilidad de esta aplicación se basa en el modelado en tres dimensiones de la obra a ejecutar. Al igual que otros programas basados en 3D, no dibuja simplemente líneas sino sólidos paramétricos.

Como en el sector de la estructura metálica los elementos estructurales están claramente pre-definidos mediante perfiles comerciales, es posible modelar rápidamente los perfiles y detalles generales. Así mismo, a través de Macros y soluciones pre-definidas se pueden resolver fácilmente las uniones tipo.

Una vez modelada la estructura a construir, el programa es capaz de generar todo tipo de planos generales, de despiece y de fabricación, así como listados de materiales y de piezas.

Además posee una opción de control de choques, la cual ayuda al diseñador a localizar las colisiones existentes que impedirían la fabricación o el montaje.

4.2.4.2. Estructura

Para el diseño y modelado de la estructura que compone la cubierta escenario hemos seguido una serie de pasos que detallamos a continuación.

- I. Con las dimensiones de la base, la separación entre pórticos y el número total de estos, plasmaremos las coordenadas en el programa creando una malla, la cual constituirá los principales planos de trabajo para el modelado de la estructura. Servirá de eje de coordenadas absoluto de la estructura

Se trata de un proceso de vital importancia para el proyecto, ya que de él dependerá un correcto trazado. La correspondiente a nuestra estructura es la siguiente.

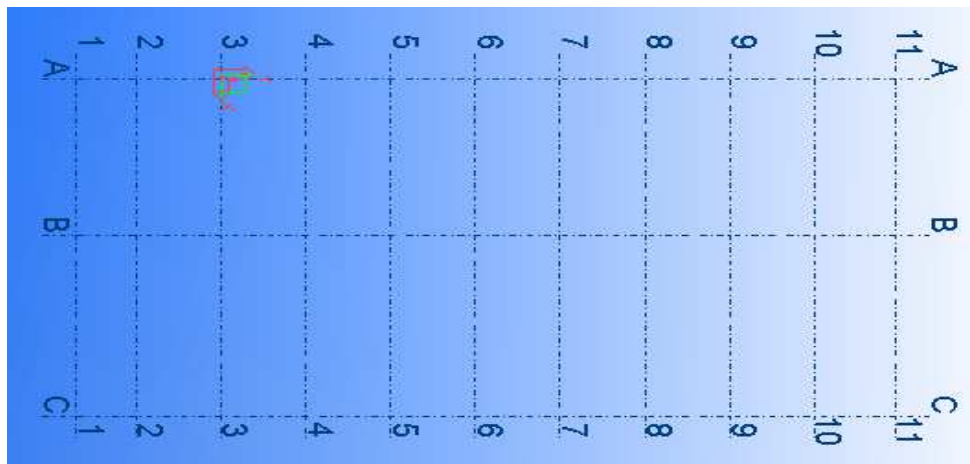


Ilustración 17

Las líneas nombradas con números y paralelas al eje X, corresponden con los ejes de cada uno de los once pórticos. Las líneas perpendiculares a las anteriores y nombradas con letras, corresponden con los ejes de las vigas que conforman el perímetro de la base.

Así mismo, tendremos otra malla paralela a esta y de iguales coordenadas, situada a +7900mm en la dirección perpendicular al plano de la ilustración. Dicho nivel corresponde con la altura de la cubierta respecto a la base.

- II.** Una vez creada la malla debemos diseñar el pórtico tipo. Para ello colocaremos el plano de trabajo paralelo a uno de los ejes X, y ayudándonos de las coordenadas de la malla modelaremos los elementos que lo componen.

Gracias al trabajo conjunto entre el departamento de cálculo y la oficina técnica, la estructura se diseñó con 11 pórticos formados por los mismos perfiles, para así facilitar y agilizar el modelado, la fabricación y su montaje.

Se compone de tres elementos estructurales principales que son: una viga, un pilar y un dintel. En la siguiente ilustración se muestra el pórtico tipo modelado, recalcando los elementos principales que lo conforman.

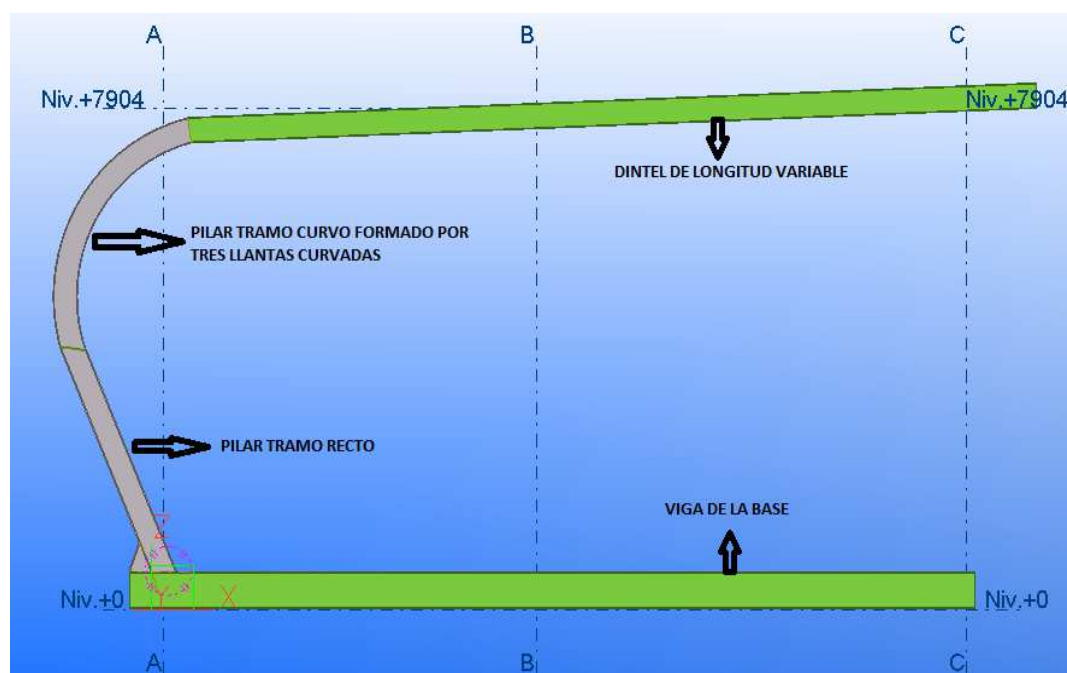


Ilustración 18

El perfil que conforma el tramo curvo del pilar, se ha modelado mediante tres llantas de espesor, dos de 15mm y una de 10mm, soldadas en forma de I. Las llantas se curvaran con el radio de giro deseado antes de realizar la soldadura.

Para la unión entre el perfil comercial que conforma el tramo recto del pilar y el tramo curvo, se ha utilizado una llanta de 20mm de espesor a la que se soldarán ambas partes.

- III.** El siguiente paso consiste en copiar el pórtico tipo a todas las alineaciones, exceptuando las alineaciones exteriores. Así mismo introducimos las vigas perimetrales de la cubierta y de la base, las cuales delimitan las dimensiones del pórtico tipo en cada alineación.

La longitud de los dinteles de cada pórtico vendrá marcada por el encuentro de este con la viga perimetral de la cubierta, dejando una holgura de unos 3 milímetros para facilitar su montaje en obra.

A continuación se muestra un boceto en el que constan planta, perfil, alzado y perspectiva de la estructura al acabar este paso.

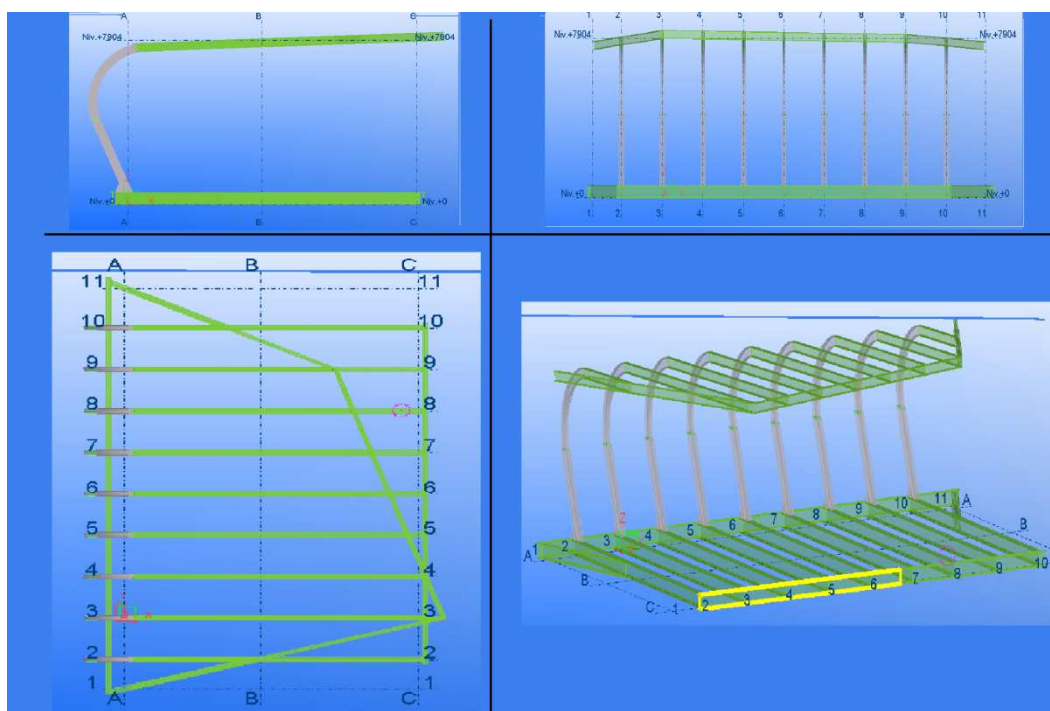


Ilustración 19

- IV.** Como se puede ver en la Ilustración 19, prácticamente tenemos modelado el esqueleto principal de la cubierta escenario, faltando únicamente por introducir los dos pilares de las alineaciones 1 y 11

Dichos pilares están formados del mismo modo que el del pórtico tipo, solo diferenciados por estar girados respecto al eje z. En ambos pórticos externos, tanto

la viga de la base, como el dintel de cubierta, corresponden a las vigas perimetrales de la estructura introducidas en el paso anterior

Así mismo introduciremos los dos pilares interiores situados en el medio de la cubierta escenario y las vigas transversales, tanto la de la base como la de la cubierta. Esta última la llamaremos viga de carga debido a que en ella se sustentan todos los dinteles.

Ambas vigas van apoyadas en el ala superior de los perfiles que conforman los dinteles de cubierta y las vigas de la base y sirven de atado de los pórticos, obteniendo así una mayor rigidez de la estructura.

La viga transversal de la base consta de tres tramos, impuestos por la confluencia con los dos pilares centrales, ya que la base de estos se sitúa en una viga de mayor perfil comercial que la transversal, de igual sentido y orientación que esta, pero colocada en un nivel inferior, en este caso en el alma de las vigas que conforman la base.

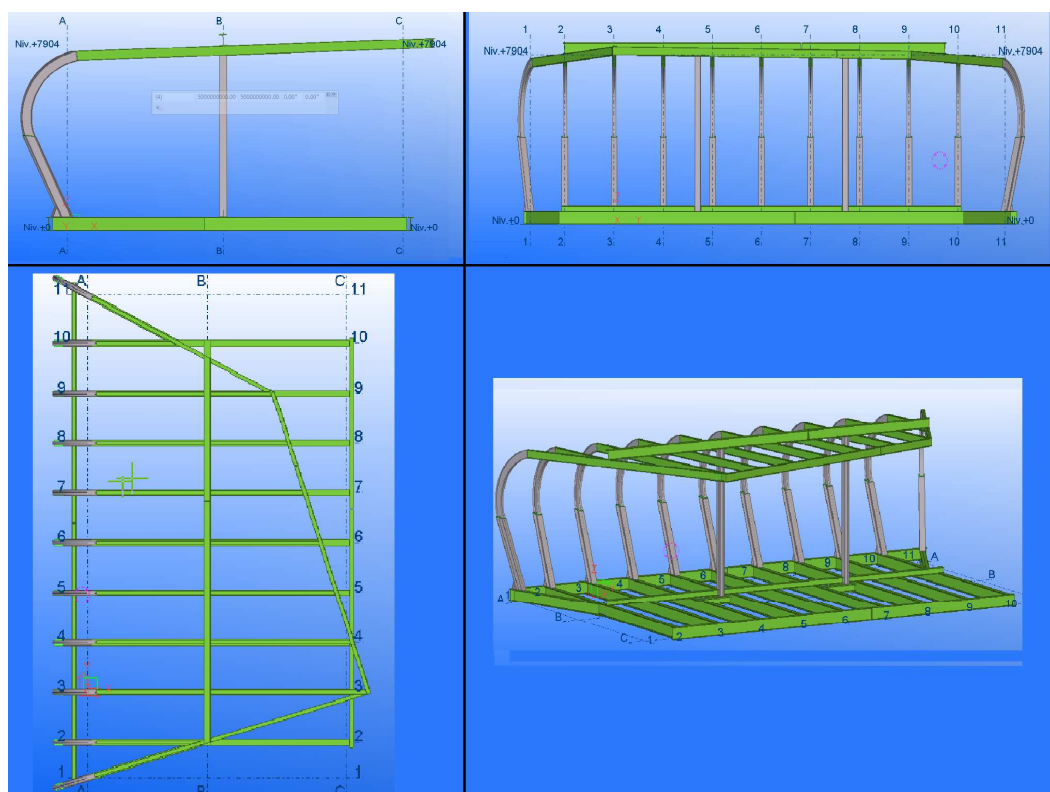


Ilustración 20

- V. Una vez completada la estructura principal, es momento de introducir aquellos elementos que aportan rigidez al conjunto de la cubierta escenario. Se trata de elementos estructurales del tipo atado, arriostrado y/o pórtico de frenado.

Los atados dan rigidez a las fachadas, los pórticos de frenado hacen que los pórticos que enlazan se consideren rígidos con grado de esbeltez 1, y los arriostrados otorgan rigidez a la cubierta en sus pórticos extremos.

Nosotros nos ceñimos a los resultados obtenidos mediante el departamento de cálculo para la propuesta final. Únicamente utilizaremos atados para enlazar todos los pórticos y pórticos de frenado situados en los pórticos externos cuya longitud de la cubierta es mayor (alineaciones 3-4 y 7-8).

Estos cuatro pórticos tipo enlazados mediante pórticos de frenado dos a dos, constituirán dos conjuntos considerados empotrados debido a su grado de esbeltez. La siguiente ilustración representa lo desarrollado en este paso.

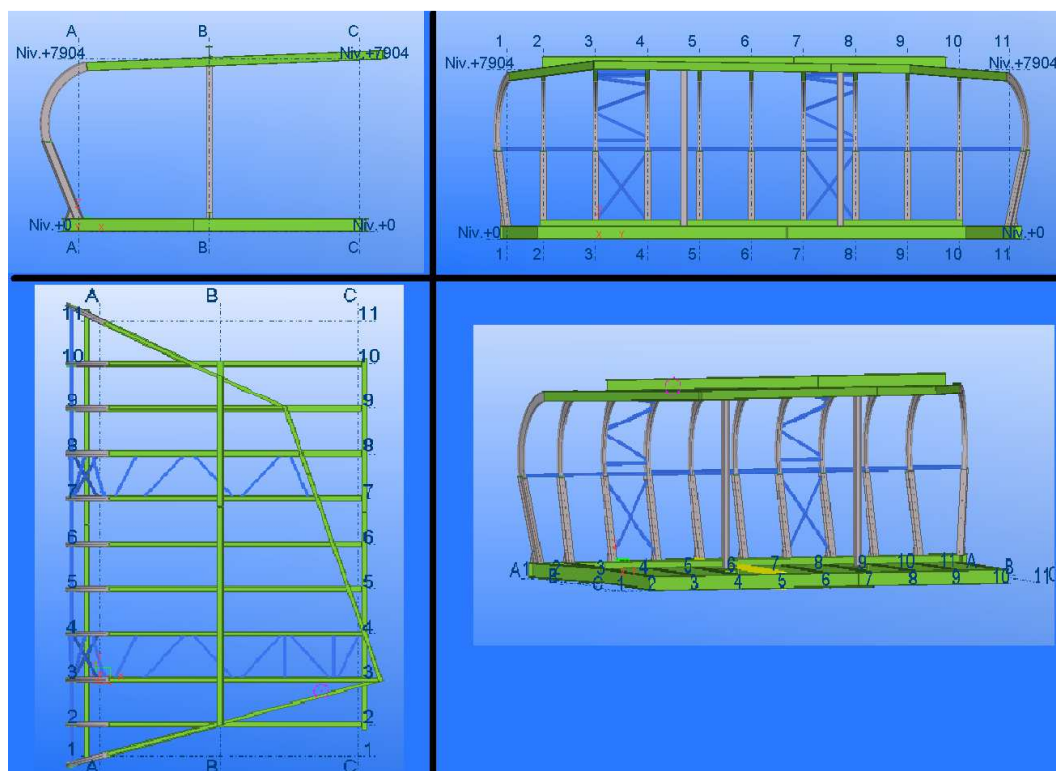


Ilustración 21

VI. A continuación introducimos la estructura necesaria para la colocación del cierre de cubierta y de fachada. Para ello es necesario tres tipos de elementos estructurales, peto, correas de cubierta y correas de fachada.

En el perímetro de la cubierta y en el exterior de los pilares de las alineaciones 1 y 11 se colocará un peto soldado a los perfiles. Así mismo se dispondrá de otro peto colocado encima de los dinteles para colocar el cierre salvaguardando la viga transversal de la cubierta.

Tanto en la parte inferior de los dinteles, como en la parte curva de los pilares se colocarán las correas de cubierta y de fachada. Estos elementos permitirán fijar el cierre interior de la cubierta y la fachada que será visible. Además actuarán como elementos estructurales que aportan rigidez a la estructura.

Dichas correas están conformadas por perfiles de tubo cuadrado e irán alineadas con el ala inferior de los dinteles en el caso de la cubierta, y con la llanta que forma el ala interna en el caso del tramo de los pilares curvos.

En las vistas del modelo representadas en la Ilustración 22 se puede ver con mayor claridad lo explicado en este punto. El peto aparece con color azul oscuro, igual al de los pórticos de frenado y en azul claro las correas de cubierta y de fachada.

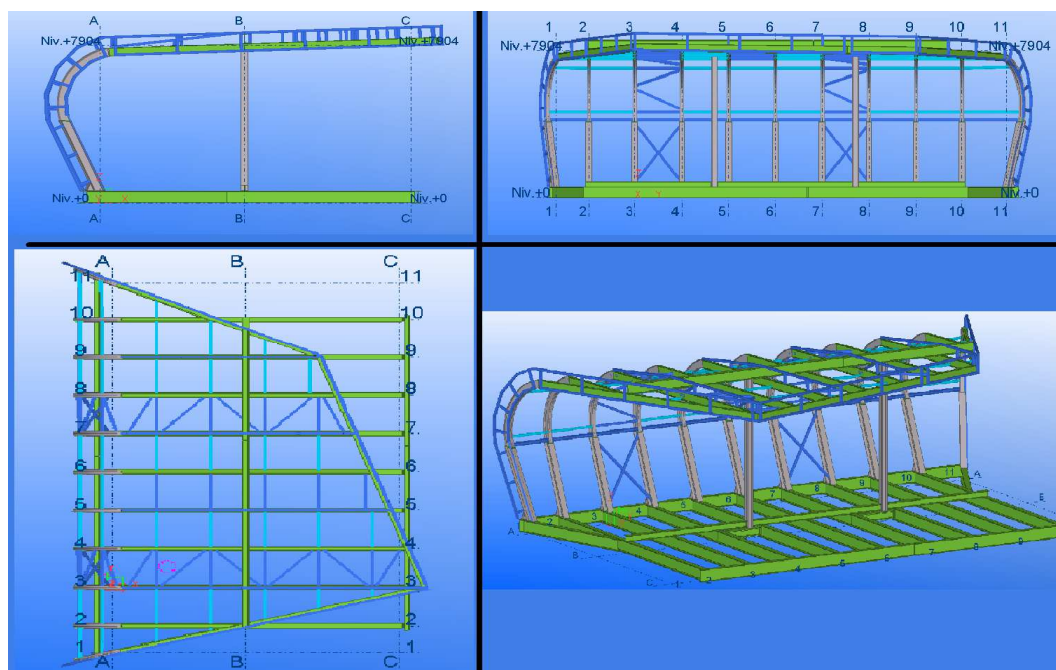


Ilustración 22

VII. Por último modelaremos las ménsulas que usaremos para soldar las placas de apoyo, regulando el nivel de estas según la altura necesaria obtenida mediante el plano topográfico, haciendo así que la estructura apoye correctamente.

Irán soldadas desde taller a la viga de la base correspondiente, lo cual obliga a un trazado de ejes en obra perfecto, para colocar cada apoyo en su nivel correspondiente; consiguiendo así que la estructura esté perfectamente asentada.

Aparecen dibujadas en color amarillo en la imagen de la página siguiente.

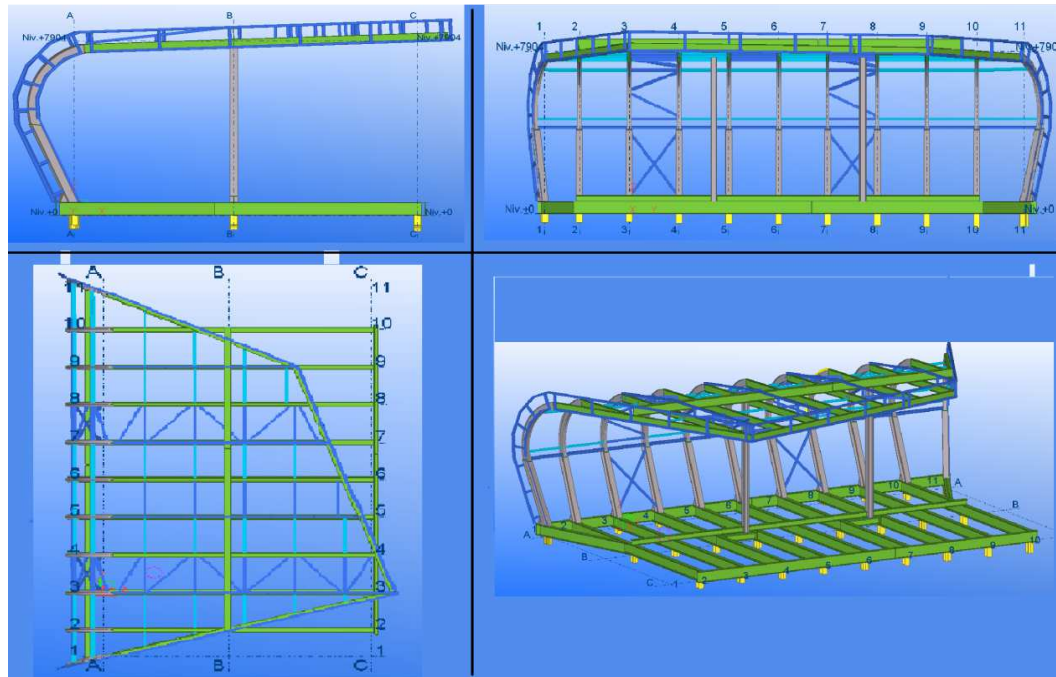


Ilustración 23

A la hora de realizar los siete pasos del modelado de la cubierta escenario hemos tenido en cuenta no introducir ningún perfil con una longitud superior a los 13 metros, ya que es la longitud de barra que nos asegura el proveedor del material.

En aquellas piezas que se soldarán en obra, como por ejemplo las correas de fachada y de cubierta, hemos tenido en cuenta su fácil montaje dejando una holgura de 3 milímetros a cada lado. A pesar de que los pórticos de frenado irán soldados desde taller, también se les ha dejado una holgura de 1,5 milímetros a cada lado, para facilitar su armado.

4.2.4.3. Uniones atornilladas

Una vez modelada la estructura pasaremos a modelar las uniones. Para ello utilizaremos los datos obtenidos por el departamento de cálculo.

Así mismo tendremos en cuenta la posibilidad y facilitación del montaje, respetando el espacio mínimo en el que poder utilizar las herramientas necesarias para atornillar las distintas uniones. Para ello nos apoyaremos en la siguiente tabla, donde aparecen los valores del diámetro de la llave que se usa para cada tipo de tornillo.

Separacion entre tornillos	Medidas de vaso carraca 3 / 4"	Medidas de vaso carraca 1" (destornillador con control de par)		
TR12 34mm.	vaso n°22 Ø 31mm.	vaso n°22 Ø mm.		TR12 
TR16 44mm.	vaso n°27 Ø37mm.	vaso n°27 Ø45punta-52extremo supmm.		TR16 
TR20 53mm.	vaso n°32 Ø48mm.	vaso n°32 Ø52mm.		TR20 
TR22 58mm.	vaso n°36 Ø52mm.	vaso n°36 Ø56mm.		TR22 
TR24 63mm.	vaso n°41 Ø60mm.	vaso n°41 Ø61mm.		TR24 
TR27 66mm.	vaso n°46 Ø67mm.	vaso n°46 Ø66mm.		TR27 

- TR 10-12-16 CON DINAMOMETRICA O TALADRO CON VASO Y ROTULA
- TR 20-22-24-27 CON DINAMOMETRICA Y MULTIPLICADOR (VASO DE 3/4" DIAMETRO DEL MULTIPLICADOR 90 mm.)
- TR 20-22-24-27 CON DESTORNILLADOR DE CONTROL DE PAR (VASO DE 1" DIAMETRO DE LA MAQUINA 96 mm.)

Ilustración 24

Observamos que el espacio necesario varía según el tipo de carraca a usar, por lo que siempre modelaremos teniendo en cuenta la mayor de las distancias necesarias para un mismo tornillo.

Tenemos en el modelo 13 tipos de uniones atornilladas, las cuales han sido resueltas cumpliendo estrictamente las necesidades de cálculo y modelado.

Se pueden ver en el anexo de planos (planos del 06 al 13, uniones atornilladas), donde tenemos detalladas a escala cada una de las uniones atornilladas

A continuación describimos cada una de las soluciones adoptadas, incluyendo una pequeña imagen representativa de cada una de ellas.

1. Unión PILAR – DINTEL

Debido a las limitaciones que el transporte por carretera nos supone, es imposible llevar la estructura en un solo conjunto. Por ello se transportarán por un lado los pilares (conjunto formado por el tramo recto y el tramo curvo) y por otro los dinteles.

La unión entre ambos se realizará mediante dos llantas de 20mm de espesor, cada una de ellas soldada a una de las partes a ensamblar, y unidas mediante seis tornillos de métrica 20 y calidad de alta resistencia (TR) dispuestos como indica la ilustración 25.

Los agujeros en ambas llantas los realizaremos con una holgura de 3 mm respecto al diámetro del tornillo.

En la página siguiente se puede ver el boceto de la unión.

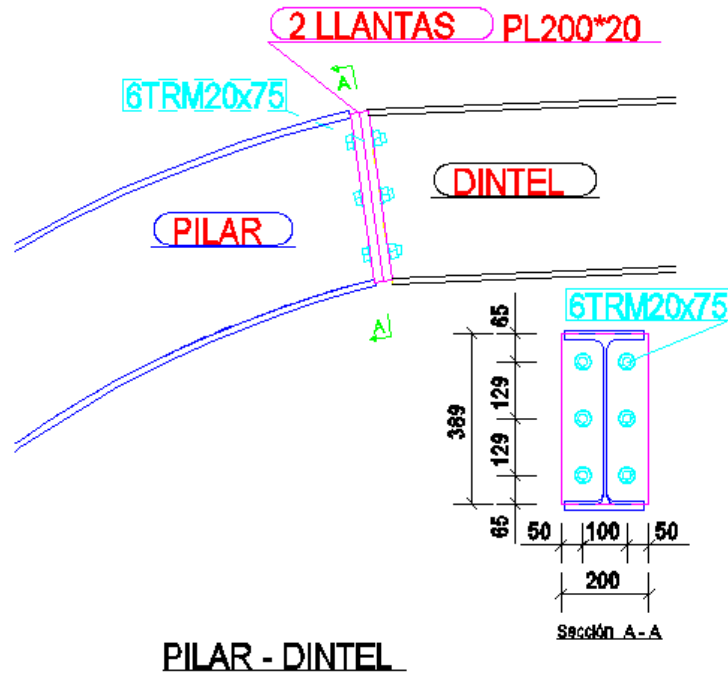


Ilustración 25

2. Unión PILAR – BASE

Así mismo, trasladaremos por separado los pilares y las vigas de la base que conforman cada alineación. La unión entre ambos se formará mediante una llanta que irá soldada al pilar y al refuerzo del mismo.

Realizaremos agujeros pasantes entre esa llanta y el ala del perfil en contacto con el pilar. Para dejarlos como un único conjunto se atornillarán ambas partes con 8 tornillos de métrica 22 y de alta resistencia.

Esta unión es la que más sufre de toda la estructura, por eso se ha dispuesto de un casquillo en forma de refuerzo, así como de dos rigidizadores en el alma de la viga, los cuales dan continuidad al pilar y evitan que se deforme el perfil de la base, debido al peso que sustenta en ese punto.

A la hora de modelar hemos tenido especial cuidado en que los rigidizadores, las almas del pilar y del refuerzo y el radio de giro del perfil que conforma la base, no nos dificulten el atornillamiento en obra.

En la ilustración 26, página siguiente, aparece un pantallazo del programa TEKLA, detallando la unión pilar – base.

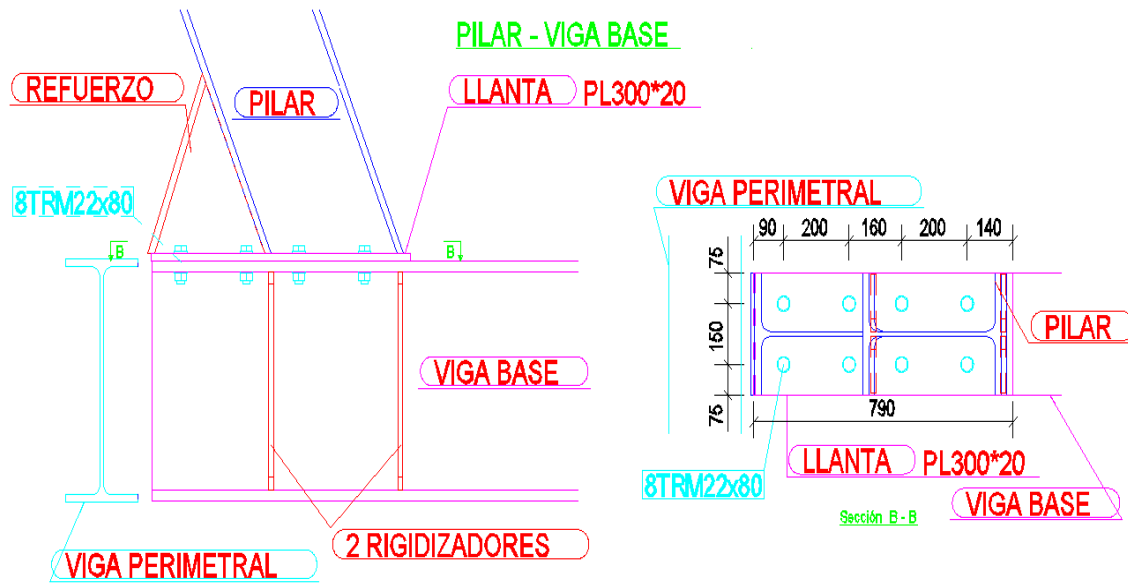


Ilustración 26

3. Unión DINTEL - VIGA PERIMETRAL

Una vez detalladas las dos uniones principales de cada alineación pasamos a modelar la unión en cubierta del dintel con la viga perimetral. Como ambos elementos estructurales están compuestos por el mismo perfil comercial hemos modelado la longitud de los dinteles dejando 3 milímetros de holgura respecto a la interferencia con la viga perimetral, y realizando un corte recto al dintel.

Para realizar la unión entre ambos elementos, se suelda en taller una llanta al alma de la viga perimetral, cuyas dimensiones no intercedan con el radio de giro de la viga y que coincida con la dirección del alma del dintel. Se taladran ambas superficies en contacto, llanta y alma del dintel, y se ensamblan mediante tres tornillos alineados de métrica 20 y calidad TR.

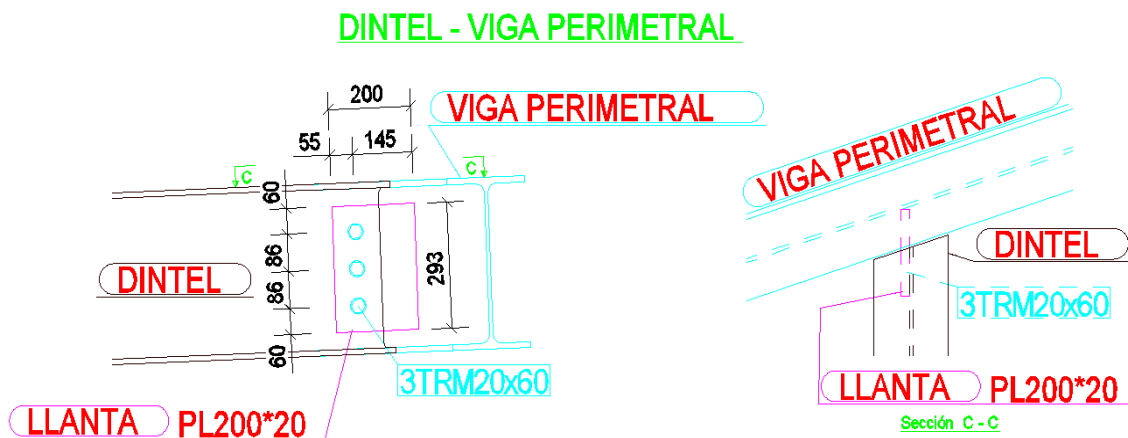


Ilustración 27

4. Unión VIGA BASE - VIGA PERIMETRAL

Para conformar la base de la cubierta escenario se disponen de dos vigas perimetrales perpendiculares a los pórticos. Ambas uniones no soportan muchos esfuerzos por lo que trataremos de estandarizar la unión solventando todos los encuentros con el mismo tipo de unión. Así mismo para facilitar su montaje dejaremos una holgura de tres milímetros entre los dos elementos.

Se trata de una unión realizada mediante dos llantas soldadas a los perfiles. Una se soldará paralela a la sección de la viga que conforma la base y la otra paralela al alma de la viga perimetral, dejando para su soldadura la mitad del espesor del alma en ambos casos. Estas placas se enlazarán mediante cuatro tornillos de métrica 20 y alta resistencia, dispuestos en forma de rectángulo. Véase la siguiente ilustración.

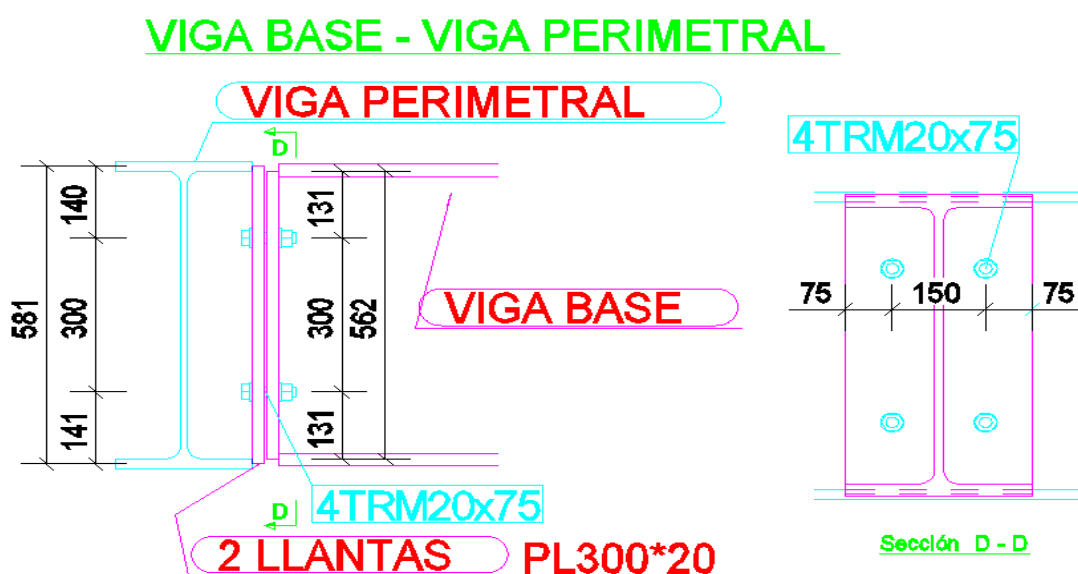


Ilustración 28

5. Unión VIGA PERIMETRAL – VIGA PERIMETRAL

Debido a que la longitud de la cubierta escenario es mayor que los 13 metros que permite el transporte normal por carretera, las vigas perimetrales tanto de cubierta como de la base irán en tramos inferiores a los 13 metros, empalmándose en obra mediante uniones atornilladas. Dejaremos una holgura aproximada de 5 milímetros entre los diferentes tramos que conformen las vigas perimetrales.

Estas uniones atornilladas se realizarán soldando una llanta a cada tramo de la viga perimetral, y atornillándolas en obra con seis tornillos de métrica 20 y calidad TR. En la ilustración 29 (página siguiente) se muestra claramente la disposición de los tornillos, así como de las llantas soldadas.

VIGA PERIMETRAL - VIGA PERIMETRAL

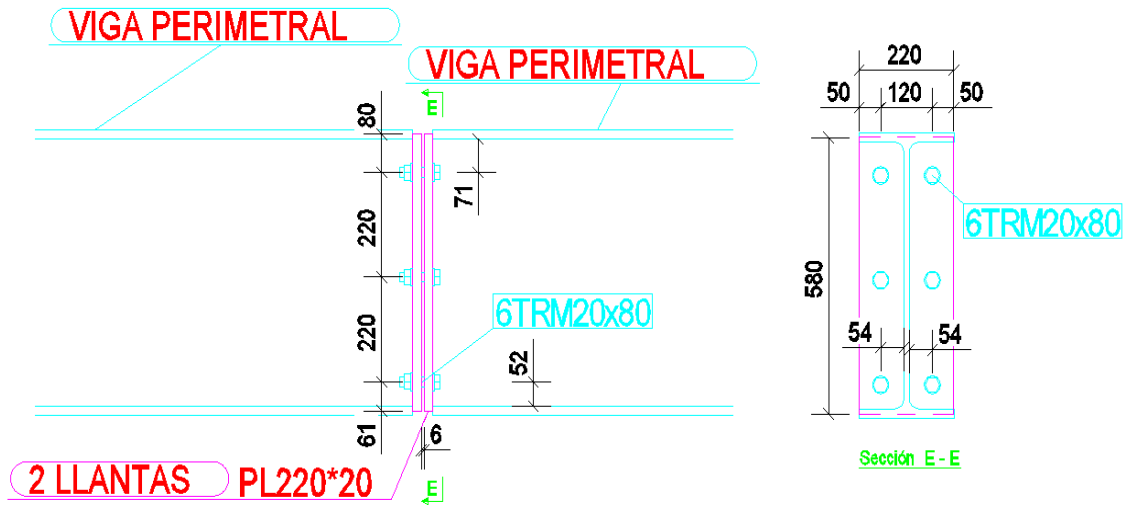


Ilustración 29

6. Unión VIGA DE CARGA – DINTEL

La viga de carga, o viga transversal de cubierta se apoyara en los dinteles y se atornillará a estos, para dar mayor rigidez a la estructura. Esta unión se realizará taladrando las almas de ambos elementos que se encuentran en contacto. Se unirán en obra mediante cuatro tornillos de métrica 24 y calidad de alta resistencia.

Así mismo, para evitar la deformación que producirían los dinteles al colgar de la viga transversal, introduciremos dos rigidizadores en la sección del perfil que conforma dicha viga manteniendo su sección original. A continuación se muestra un ejemplo:

VIGA DE CARGA - DINTEL

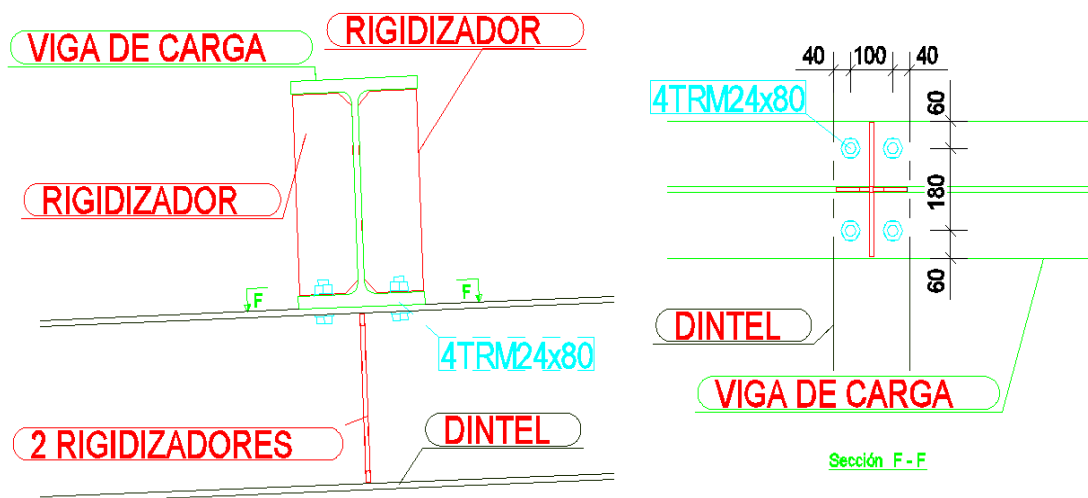


Ilustración 30

7. Unión VIGA TRANSVERSAL – BASE

Al igual que en la cubierta, existe una viga transversal en la base, dividida en tres tramos, la cual une longitudinalmente los once pórticos. La unión entre esta y las vigas de la base se realizará en obra mediante cuatro tornillos de métrica 20 y calidad TR.

Se taladrará el alma de la cara inferior de la viga transversal y el alma superior de las vigas de la base. Debido a la diferencia de perfiles entre ambos elementos, se introducen dos rigidizadores en la viga transversal, para que el peso de la viga de la base no deforme la sección del perfil. Podemos verlo en la ilustración 31.

VIGA TRANSVERSAL - BASE

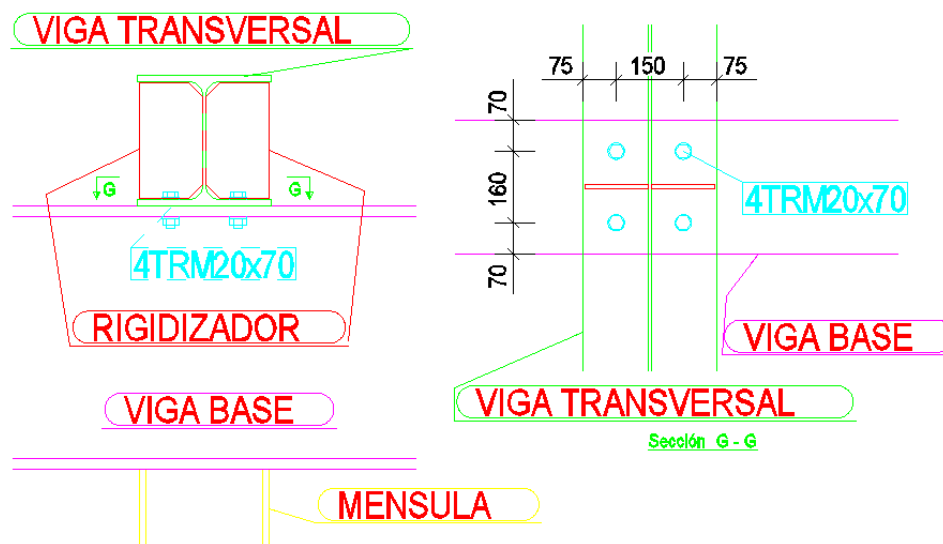


Ilustración 31

8. Unión VIGA APOYO – BASE

Debido a las restricciones del departamento de cálculo, los dos pilares centrales parten de dos vigas de apoyo, alineadas con la viga transversal de la base, pero de mayor perfil e independientes a esta.

Para posibilitar y facilitar su montaje, se ha decidido colocar ambas vigas de apoyo a una altura inferior que la transversal, para así poder realizar posteriormente la unión del pilar con los tres tramos que conforman la viga transversal de la plataforma.

Por tanto las vigas de apoyo se colocarán entre las almas de las vigas de la base. La unión se realizará mediante una llanta de 20 milímetros de espesor soldada a la viga de apoyo y una ménsula formado por medio perfil, soldada al alma de la viga de la base. Para ensamblar la unión se utilizarán tres tornillos con métrica 24 de alta calidad.

Teniendo en cuenta la dificultad que supondrá introducir estas vigas una vez ensamblada la plataforma, se ha dejado 3 milímetros de holgura a cada lado. Así mismo se soldará un rigidizador en la viga de la base, alineado con el casquillo en forma de T.

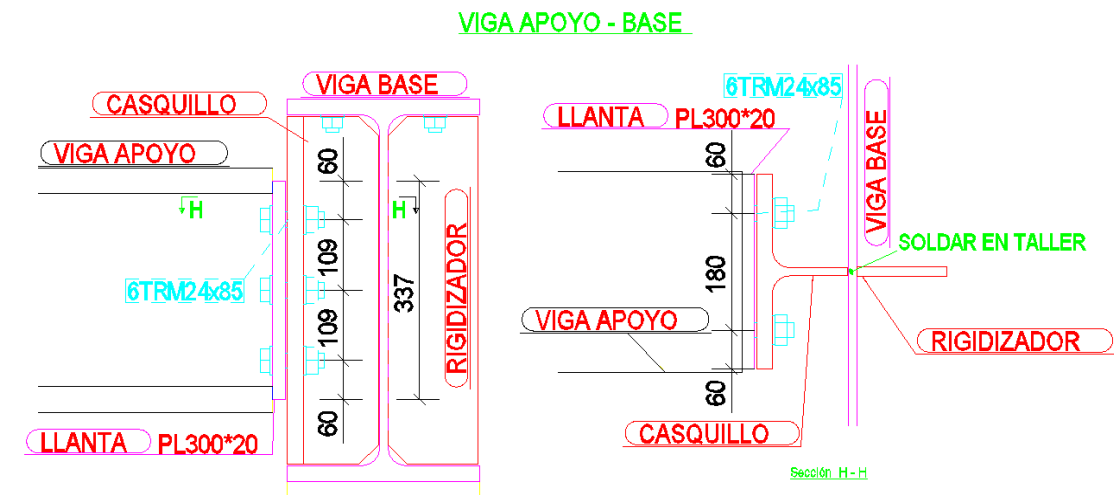


Ilustración 32

9. Unión PILAR CENTRAL - VIGA APOYO

Una vez realizada la unión del apoyo del pilar, es momento de modelar la unión entre el pilar y la viga de apoyo. Para realizarla, soldaremos una llanta en la sección de la base del pilar, la cual atornillaremos mediante seis tornillos de métrica 22 y de alta resistencia, a la viga de apoyo, taladrada en taller.

Además, debido a la fuerza que el pilar ejercerá sobre dicha viga, la reforzaremos mediante cuatro rigidizadores alineados con las almas del pilar. En la imagen que prosigue podemos ver como hemos solventado la unión, así como la confluencia entre pilar, viga de apoyo y tramos de la viga transversal.

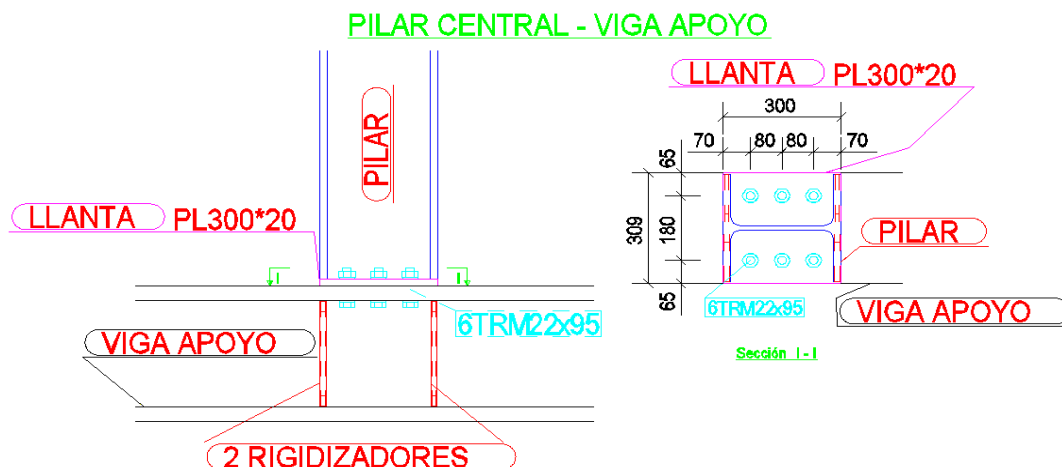


Ilustración 33

10. Unión en la plataforma VIGA TRANSVERSAL - PILAR CENTRAL

Tras haber modelado todas las uniones de los elementos que conforman la plataforma, solo nos resta la unión de los tres tramos de la viga transversal con las alas de los pilares centrales.

Se soldará una llanta a la viga transversal, la cual se atornillará al ala del pilar mediante cuatro tornillos de métrica 20. Para no tener problemas a la hora de montar, dejaremos una holgura de 2 milímetros entre ambos elementos. En la siguiente imagen se presenta un pantallazo de la solución adoptada.

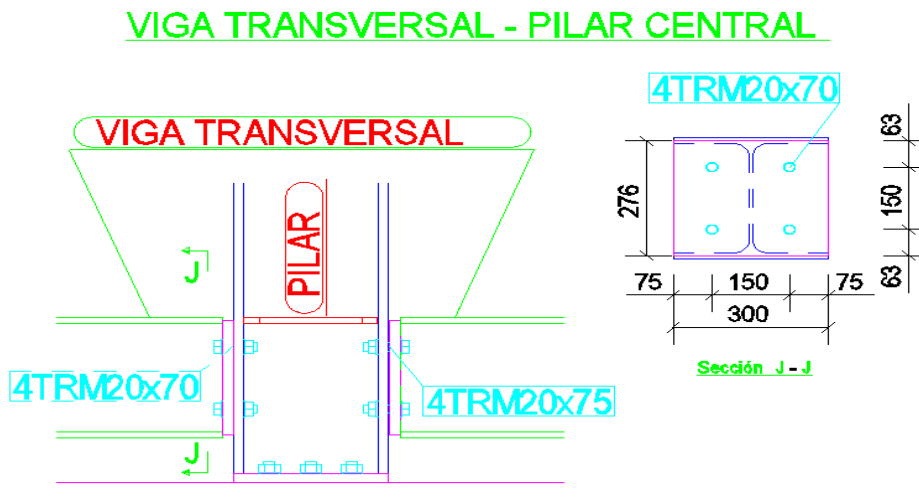


Ilustración 34

Para aclarar y reconocer mejor las tres uniones explicadas anteriormente (8, 9 y 10), presentamos a continuación una imagen general.

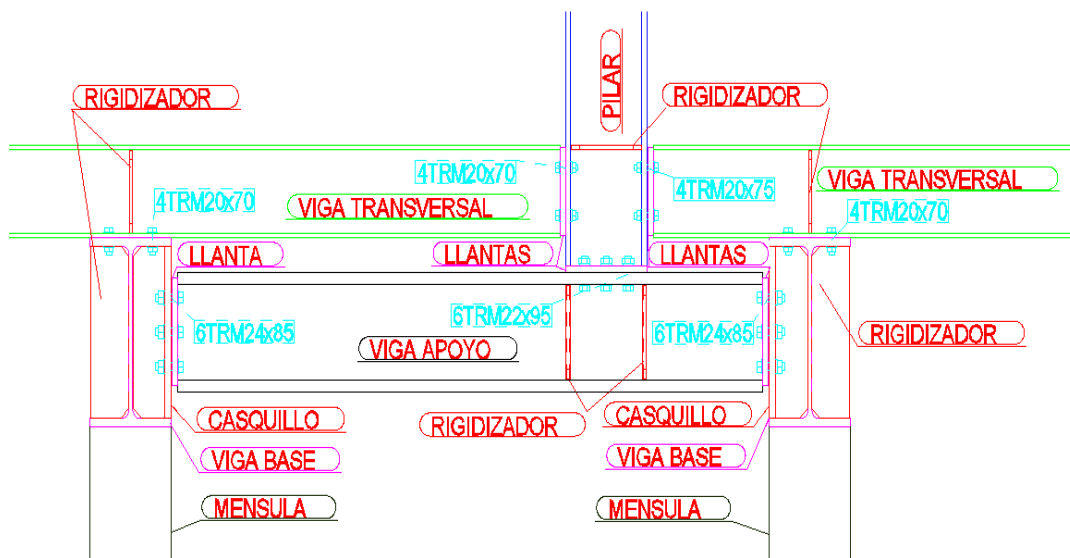


Ilustración 35

Aparecen representadas (ilustración 35) una viga de apoyo, dos tramos de viga transversal, un pilar central, la sección de dos vigas de la base, las ménsulas que estas llevan para corregir la orografía del terreno y todos los rigidizadores introducidos.

11. Unión en la cubierta PILAR CENTRAL – VIGA TRANSVERSAL

Los pilares centrales van a morir a la viga transversal de cubierta. Dicha unión se realizara idéntica a la del pilar con la viga de apoyo, seis tornillos de alta calidad y métrica 22, ensamblando el dintel con el pilar, mediante el ala inferior del primero y la llanta soldada al segundo.

A diferencia de en la base, la viga transversal de cubierta no se divide en tramos, por lo que dicha viga soportará la tensión transmitida por el peso de los dinteles y además, por el peso del pilar en este punto.

Por ello se refuerza la viga transversal con dos llantas soldadas en los extremos de sus alas y paralelas al alma, formando un perfil en forma de cajón, el cual posee mejor comportamiento frente a la tensión soportada. Para poder realizar el atornillamiento en obra se han cajeteado las dos llantas de refuerzo.

Así mismo se han introducido cuatro rigidizadores alineados con las alas del pilar, para evitar que se deforme la sección de la viga transversal. En la siguiente imagen (ilustración 36) se ve perfectamente lo explicado.

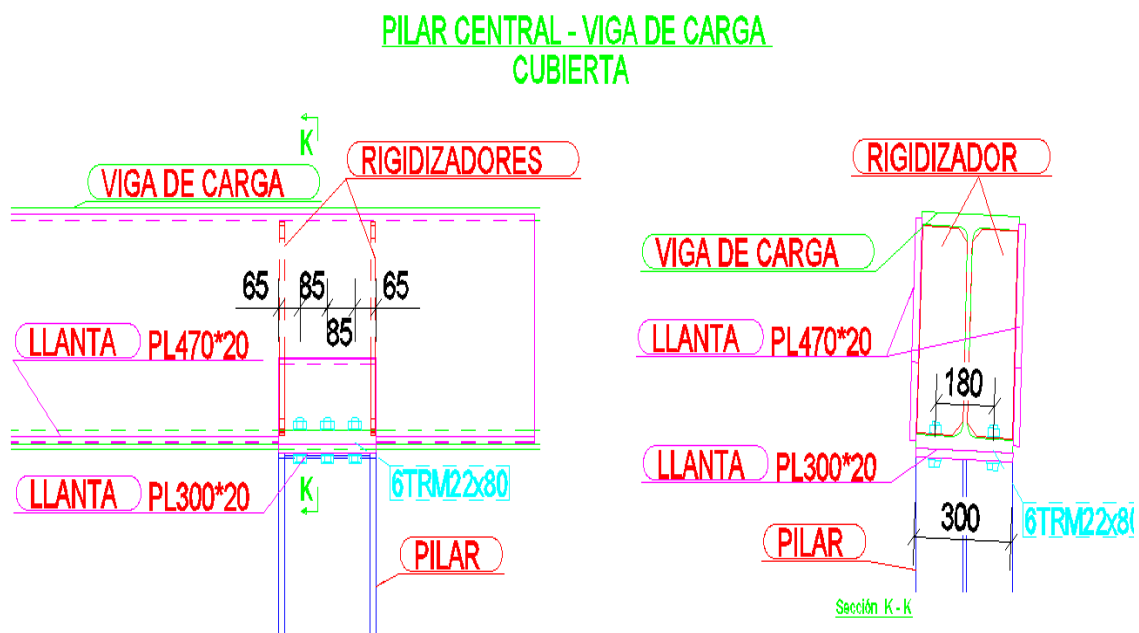


Ilustración 36

12. Unión cubierta VIGA DE CARGA – VIGA DE CARGA

Debido a que la longitud de la viga de carga es aproximadamente de 20 metros y por tanto mayor que los 13 metros que permite el transporte normal por carretera, la viga transversal de cubierta irá en dos tramos, empalmándose en obra mediante uniones atornilladas.

Dejaremos una holgura aproximada de 3 milímetros entre ambos tramos para facilitar su montaje en obra.

Estas uniones atornilladas se realizan soldando una llanta a cada tramo de la viga transversal y atornillándolas en obra con ocho tornillos de métrica 24 y calidad TR. En la siguiente imagen se puede ver más claramente.

VIGA DE CARGA - VIGA DE CARGA

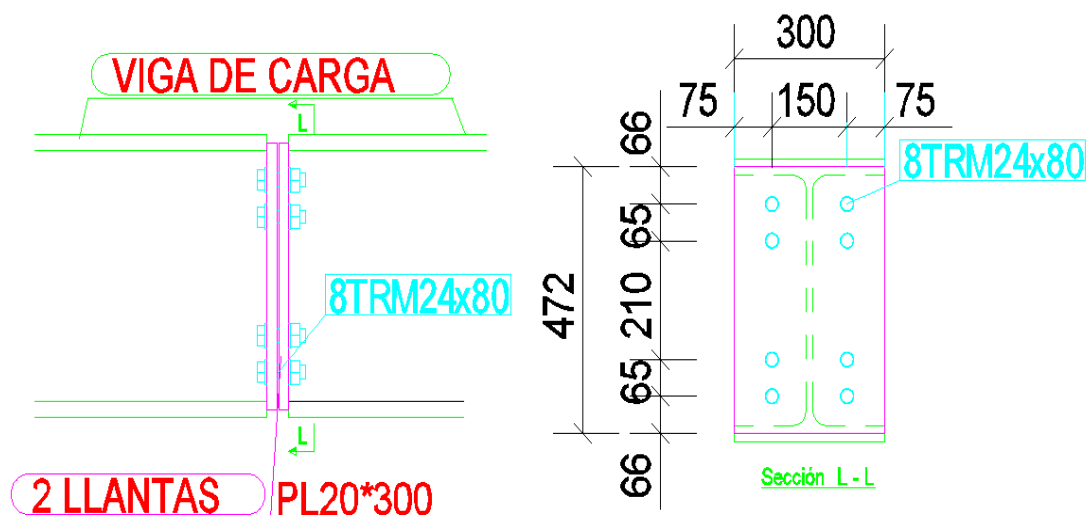


Ilustración 37

13. Unión ATADO – PILAR

Solo nos queda una unión atornillada por detallar. Se trata de la unión de los atados a los pilares, la cual presenta la dificultad de que al estar alineados, no podremos atornillarlos, ya que colisionarían los tornillos de un atado con los del siguiente.

Por ello se ha decidido realizar una unión atornillada en uno de los lados del atado, dejando como unión soldada la del otro extremo.

Para realizar la unión atornillada se suelda una llanta al perfil del atado y se atornilla al alma del tramo curvo del pilar mediante cuatro tornillos de métrica 16 y de alta resistencia.

A continuación se muestra el detalle de la unión.

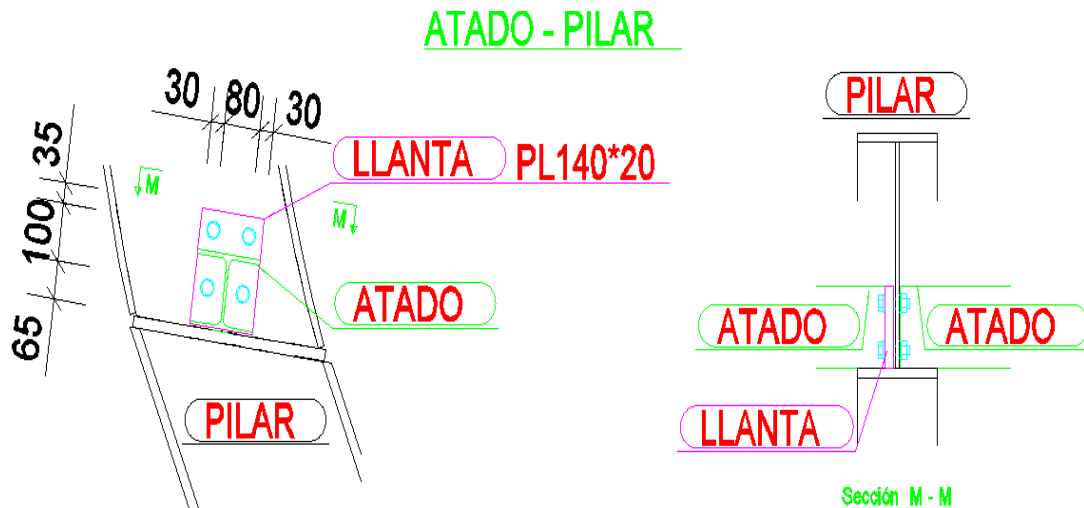


Ilustración 38

4.2.4.4. Uniones soldadas

Una vez detalladas las uniones atornilladas, las cuales se usan para ensamblar en obra los distintos conjuntos creados en la fábrica, es momento de modelar las uniones soldadas.

Al analizar las uniones en el apartado de cálculo (3.4.2.4), hemos visto que todos los elementos estructurales utilizados para la instalación del cerramiento de cubierta y de fachada van soldados. Además los elementos que hacen la función de arriostrados de cubierta y de pórticos de frenado en fachada, también se realizan mediante uniones soldadas.

Al tratarse de uniones soldadas, las cuales encarecen el proceso si se realizan en obra, trataremos de modelar estas uniones teniendo en cuenta los conjuntos definidos mediante las uniones atornilladas, a los cuales soldaremos en taller el mayor número de posible de elementos.

A continuación detallaremos cada una de las uniones, junto a una imagen que mostrará los principales conjuntos.

1. Unión PETO - PILAR

La estructura necesaria para el cierre perimetral de la fachada, está formada por tubos cuadrados. Los tubos se soldaran entre sí formando un peto.

A su vez, esta estructura auxiliar se soldará al exterior del ala de los pilares de las alineaciones 1 y 2, formando un conjunto.

En la imagen de la derecha (ilustración 39), tenemos el croquis de un pilar exteriores que ensamblado en fábrica y transportado como conjunto a la obra. Ambos pilares exteriores serán simétricos.

Para hacer coincidir la línea del cerramiento de cubierta, salvamos la desigualdad de perfiles entre el tramo curvo y el tramo recto, soldando a este último un perfil de tubo cuadrado, pero de menor diámetro que el del resto del peto.

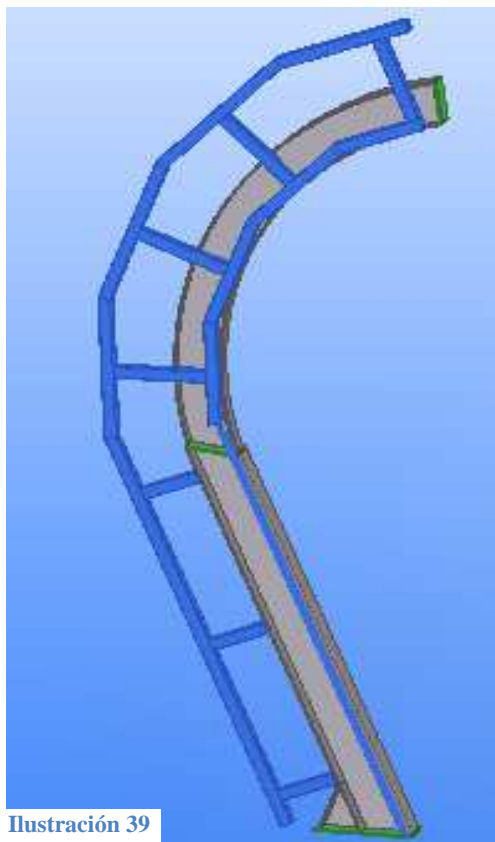


Ilustración 39

2. Unión en cubierta PETO – VIGA PERIMETRAL

Al igual que en la unión anterior la estructura necesaria para el cierre perimetral de la cubierta, está formada por tubos cuadrados soldados entre sí, formando un peto.

Este peto irá soldado a cada una de las vigas perimetrales modeladas anteriormente. A continuación mostramos un boceto de los conjuntos formados por las vigas perimetrales de cubierta y el peto para la colocación del cierre de cubierta.

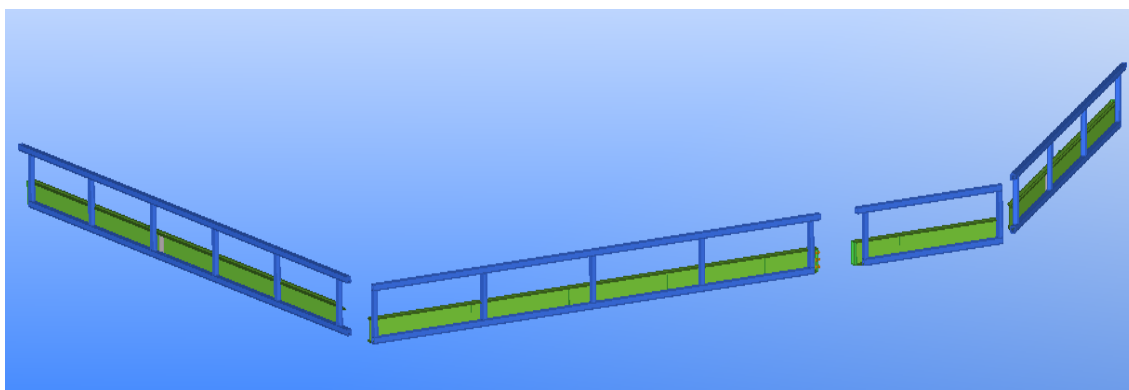


Ilustración 40

Observamos que la estructura del peto posee una anchura superior al perfil de las vigas perimetrales, ayudando así a solventar estéticamente la aparición de la viga de carga de cubierta y dando al conjunto de la cubierta una mayor sensación de horizontalidad.

3. Unión PETO – DINTEL

En cuanto a estructuras auxiliares en forma de peto, nos queda por modelar el conjunto que servirá para colocar el cierre externo de la cubierta. Esta estructura auxiliar también estará formada por tubos cuadrados.

A diferencia de las anteriores, la estructura irá suelta a obra, donde se soldará al dintel correspondiente. Esto se hace así, ya que si se mandase como un conjunto armado desde taller, sería imposible para los montadores colocar la viga transversal de cubierta o viga de carga. Por tanto el peto a colocar sobre los dinteles irá suelta a obra.

En la ilustración 41 se ve un croquis del peto suelto y de cómo se colocará en obra, salvando la viga transversal o viga de carga.

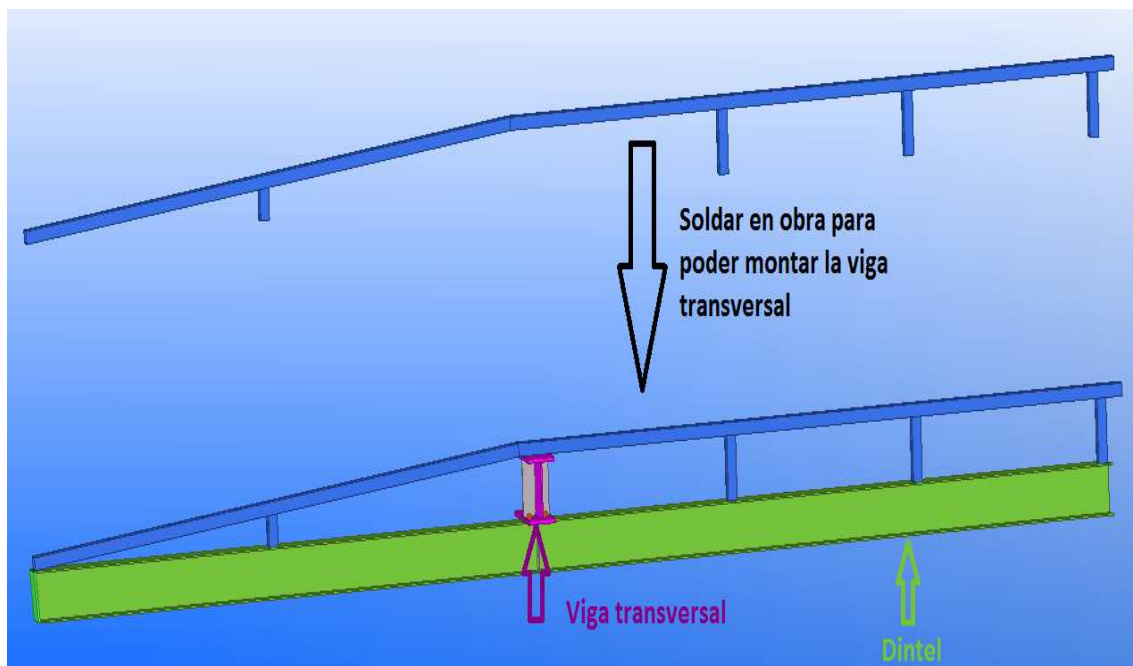


Ilustración 41

4. Unión PORTICO DE FRENADO – PILAR

Los pórticos de frenado son aquellos elementos que se utilizan para dar rigidez a la estructura, y así considerar como rígidos los pórticos que enlazan.

En nuestra cubierta escenario, disponemos de dos grupos de pórticos de frenado, colocados ambos entre dos pórticos tipos. Como la separación entre alineaciones es menor a dos metros, podemos crear dos conjuntos en taller formados por dos pilares unidos por los pórticos de frenado. Así reduciremos costes realizando la soldadura en taller y reduciendo los tiempos de montaje.

En la imagen de la derecha se puede observar uno de los conjuntos descritos, con los dos pilares en gris y los pórticos de frenado que sirven de unión de ambos en azul oscuro. En este caso el perfil que se usa como atado también ira soldado desde taller.

Podemos observar que aparecen dos tubos cuadrados, paralelos al perfil de atado, pero alineados con la cara interior del tramo curvo de los pilares. Se trata de las correas de fachada necesarias para colocar el cierre, las cuales se soldaran al conjunto aprovechando que este se realizará en taller.

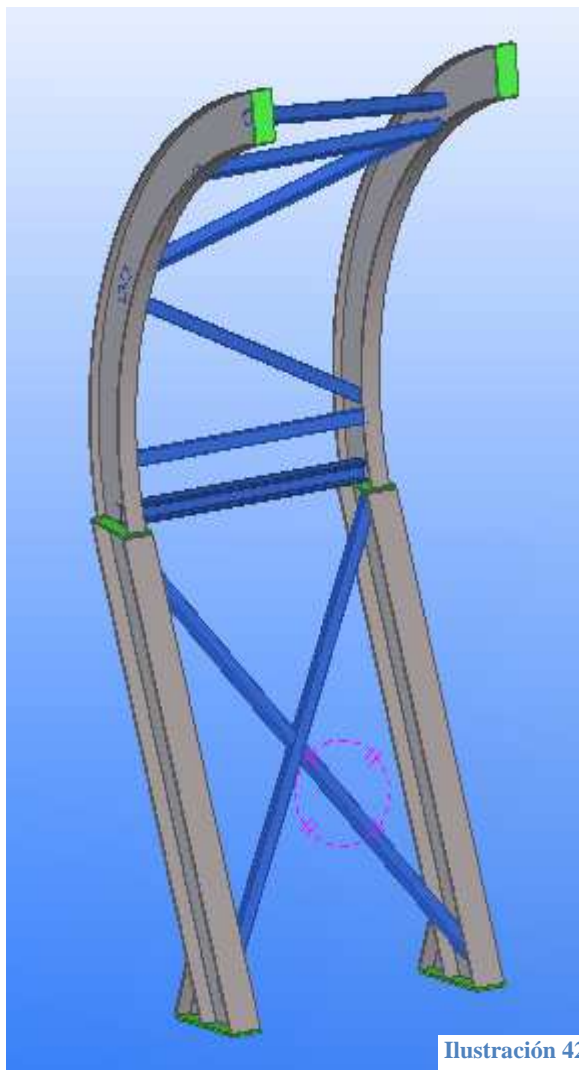


Ilustración 42

5. Unión ARRIOSTRADO – DINTEL

Los arriostrados son elementos que dan rigidez a la cubierta. Tienen la misma función que los pórticos de frenado, siendo su única diferencia que los anteriores se aplican en la fachada y estos se aplican en la cubierta.

Así pues al igual que hemos creado dos conjuntos formados por dos pilares y los pórticos de frenado que los enlazan, ahora armaremos en taller dos conjuntos formados por dos dinteles y los elementos de arriostrado que los vinculan.

De la misma manera, aprovecharemos para soldar las correas de cubierta necesarias para la colocación del cierre interior de la cubierta, las cuales irán enrasadas con el ala inferior de los dinteles. En la siguiente ilustración se muestra uno de los dos conjuntos creados en taller.

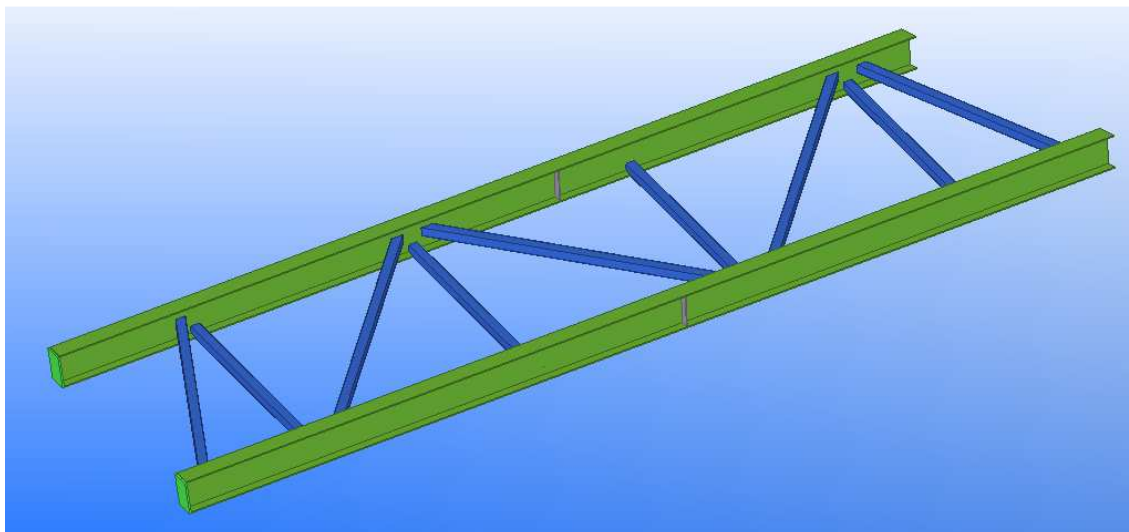


Ilustración 43

6. Unión CORREAS DE FACHADA/CUBIERTA

Todas las correas irán sueltas a obra, exceptuando las soldadas en los conjuntos detallados en las uniones **4** y **6**. El resto se soldarán en obra para facilitar el transporte y montaje de todos y cada uno de los componentes que forman la cubierta escenario.

4.2.4.5. Placas de apoyo

Tras obtener mediante el programa CYPE las fuerzas resultantes en los apoyos, hemos calculado las dimensiones de las placas de soporte necesarias para transmitir esas fuerzas sin dañar el suelo.

Hemos decidido estandarizar los resultados obtenidos en dos tipos de placas de apoyo. Uno de ellos se utilizará para los cuatro apoyos colindantes a los pilares centrales y el otro para el resto. Pasamos a analizar cada uno de ellos.

1. Tipo 1.

Corresponde a los apoyos colindantes a los pilares centrales, siendo los que más carga transmiten al suelo, para hacerlo de la manera más uniforme se utiliza una llanta de mayor superficie. Se trata de una llanta de 20 milímetros de espesor y de $0,1 \text{ m}^2$ de área.

Para que posean una mayor estabilidad, se reforzarán con unas cartelas soldadas a la ménsula y a la placa. Tendrán un espesor de 10 milímetros y 200 milímetros de altura, siendo variable su longitud. Se soldaran en taller.

La imagen que aparece a continuación es una representación de este tipo de anclaje.

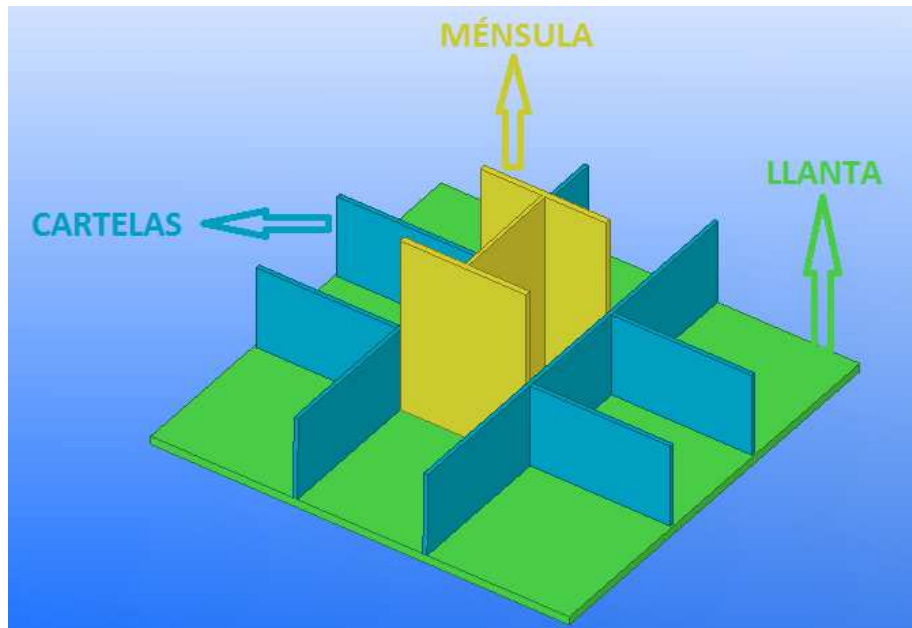


Ilustración 44

2. Tipo 2

Corresponde con el resto de apoyos de la estructura, y se ha estandarizado a una llanta de 20 milímetros de espesor y una superficie de 300*565mm. Se soldará en taller.

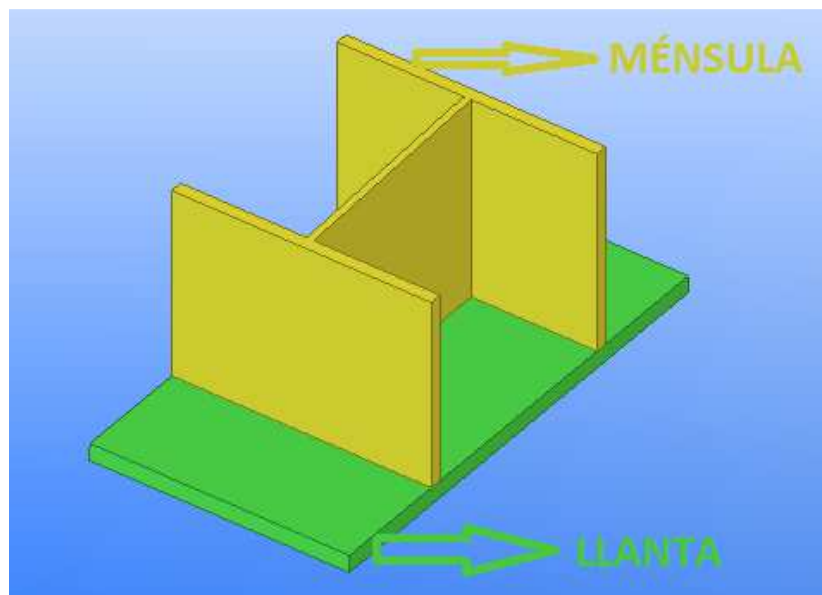


Ilustración 45

4.2.4.6. Comprobación antivuelco

Antes de dar por finalizado el modelado de la cubierta escenario, realizaremos una sencilla comprobación de si la estructura vuelca o no. Para ello haremos uso de una utilidad del programa mediante la cual se puede calcular el centro de gravedad de los elementos seleccionados.

Sabemos que para un sistema gravitatorio constante el centro de gravedad de un objeto coincide con su centro de masas.

Escogemos ahora el pórtico más desfavorable, siendo por lógica el que mayor longitud de dintel posee, correspondiente a la alineación 3. Obtenemos su centro de gravedad como si de una sola pieza se tratase y para asegurarnos que no vuelca, su eje deberá estar situado como mínimo, a la izquierda del eje del último apoyo de la base.

En la siguiente imagen se muestra el resultado obtenido.

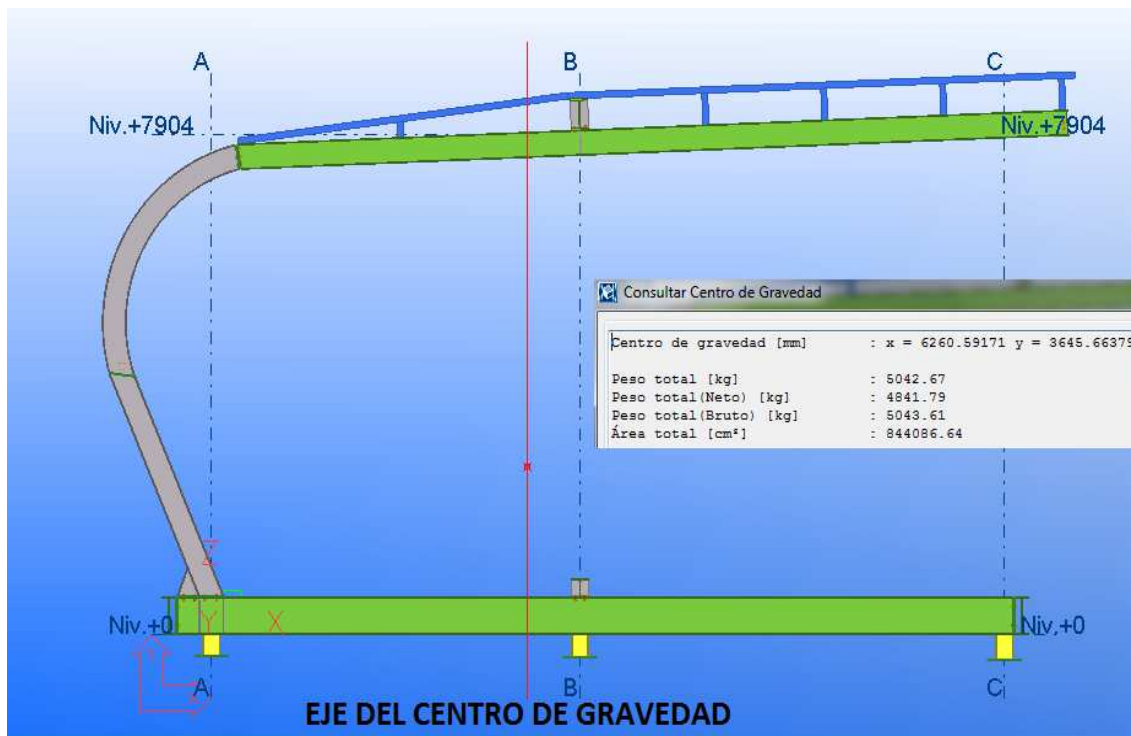


Ilustración 46

Podemos observar en rojo el eje del centro de gravedad, por tanto sabemos que el centro de masas del pórtico se encuentra situado entre el primer y segundo apoyo, por lo que la estructura modelada es estable frente al vuelco en el caso más desfavorable, por tanto, podemos decir que la estructura completa también lo es.

4.2.5. FASE 5: FABRICACIÓN

El proceso de fabricación de la cubierta escenario se realizará íntegramente en el taller de la empresa AMAIUR. Existe una metodología de trabajo establecida a la cual nos ceñiremos.

Los trabajos a realizar por los operarios de la empresa llevan un proceso en el orden siguiente:

- 1) Despiece
- 2) Preparación, enderezado y conformación
- 3) Cortes y perforaciones
- 4) Armado
- 5) Preparación de superficies y pintura
- 6) Marcado e identificación de elementos

4.2.5.1. Despiece

Consiste en obtener los planos de todas las piezas modeladas en los pasos anteriores. En ellos se mostrará las vistas más representativas para su confección, así como todas las cotas necesarias, indicando los diámetros de los taladros y su posición exacta.

Cada plano llevará también la marca de identificación del elemento al que corresponde.

El despiece obtenido mediante el programa TEKLA es revisado y modificado por personal especializado de la empresa, para ajustar las cotas de los planos a la necesidad del taller, con las tolerancias fijadas en el proyecto o las que se indican en la normativa NBE-EA-95.

En el anexo de planos (plano 14) podemos ver un ejemplo de los planos de despiece que se bajarán a taller para conformar las piezas

4.2.5.2. Preparación, enderezado y conformación

Estos trabajos se efectúan previamente al marcado de ejecución para que todos tengan la forma exacta deseada.

En cada uno de los productos se procederá a:

- Eliminar los defectos de laminación, que por detalles mínimos, no han sido descartados.
- Suprimir las marcas de laminación en relieve en aquellas zonas que se pondrán en contacto con otro producto en las uniones de la estructura.
- Eliminar toda la suciedad e impurezas que se hayan adherido.

El marcado de ejecución consiste en efectuar sobre los productos preparados las marcas precisas para realizar los cortes y perforaciones indicadas.

4.2.5.3. Cortes y perforaciones

Este procedimiento de corte sirve para que las piezas tengan sus dimensiones definitivas. Se realizará mediante las herramientas de sierra, taladro, cizalla y máquina de oxicorte.

El uso de la cizalla se permite solamente para chapas, planos y angulares, de un espesor que no sea superior a 15 mm.

La máquina oxicorte se permite tomando las precauciones necesarias para conseguir un corte regular, y para que las tensiones o transformaciones de origen térmico producidas no causen perjuicio alguno.

El óxido adherido y rebabas, estrías o irregularidades en bordes, producidas en el corte, se eliminarán posteriormente mediante una granalladora, la cual lanza chorros de bolos de pequeños diámetros contra las piezas. Si todavía no se han eliminado correctamente todas las impurezas, se dispone también de elementos como la piedra esmeril, el cepillo o fresa, o un esmerilado fino. Esta operación deberá efectuarse con mayor esmero en las piezas destinadas a estructuras que serán sometidas a cargas dinámicas.

Los biseles (corte oblicuo respecto de las caras principales del perfil, efectuado en el borde o extremo de una pieza) se realizarán con las dimensiones y los ángulos marcados en los planos de taller. Se recomienda su ejecución mediante máquina herramienta u oxicorte automático. Todo ángulo entrante debe ejecutarse sin arista viva, redondeado con el mayor radio posible.

Es conveniente fresar los bordes de apoyo de todo soporte en un plano perpendicular a su eje, para lograr un contacto perfecto con la placa o con soportes contiguos.

Los agujeros para tornillos se perforan con taladro, autorizándose el uso de punzón en los casos particulares de las piezas de acero cuyo espesor no sea mayor que 15 milímetros y que no se destinen a estructuras sometidas a cargas dinámicas.

El taladro se realizará, en general, a diámetro definitivo, salvo en los agujeros en que sea previsible rectificación para coincidencia. No se permite el punzonado a diámetro definitivo.

Los agujeros destinados a alojar tornillos calibrados se ejecutan siempre con taladro de diámetro nominal de la espiga, las tolerancias están indicadas en la normativa NBE EA-95.

4.2.5.4. Armado

Esta operación tiene por objeto presentar en taller cada uno de los elementos estructurales que lo requieran, ensamblando las piezas que se han elaborado, sin forzarlas, en la posición relativa que tendrán una vez efectuadas las uniones definitivas. Se armará el conjunto de elementos a unirse definitivamente en taller.

Se llevará a cabo en los bancos de armado, basándose en los planos de conjuntos obtenidos mediante el programa TEKLA. Es importante para facilitar y agilizar el tiempo de montaje, que estos sean fácilmente legibles e interpretables por los operarios.

Las piezas que han de unirse con soldadura, se fijarán entre sí con medios adecuados que garanticen, sin una excesiva coacción, la inmovilidad durante el soldeo y enfriamiento subsiguiente, para conseguir exactitud en la posición y facilitar el trabajo de soldeo.

Para la fijación no se permite realizar taladros o rebajos que no estén indicados en los planos de taller.

Como medio de fijación de las piezas entre sí pueden emplearse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas que van a unirse. El número y el tamaño de los puntos de soldadura será el mínimo necesario para asegurar la inmovilidad.

Estos puntos de soldadura pueden englobarse en la soldadura definitiva si se limpian perfectamente de escoria, no presentan fisuras u otros defectos, y después se liman con buril sus cráteres extremos. No se permite de ningún modo fijar las piezas a los gálibos de armado con puntos de soldadura.

Con el armado se verifica que la disposición y la dimensión del elemento se ajuste a las indicadas en los planos de taller. Deberán rehacerse o rectificarse todas las piezas que no permitan el armado en las condiciones arriba indicadas.

Finalizado el armado, y comprobada su exactitud, se procede a realizar la unión definitiva de las piezas que constituyen las partes que hayan de llevarse terminadas a la obra.

No se retirarán las fijaciones de armado hasta que quede asegurada la indeformabilidad de las uniones.

En el anexo de planos (plano 15) hay un ejemplo del plano de armado de un pilar, con las partes que lo conforman así como las cotas necesarias para armarlo.

4.2.5.5. Preparación de superficies y pintura

Todos los elementos estructurales serán suministrados, salvo otra especificación particular, con la preparación de las superficies e imprimación correspondiente.

Las superficies se limpiarán cuidadosamente, eliminando todo rastro de suciedad, cascarilla óxido, gotas de soldadura o escoria, mediante chorreado abrasivo, para que la pieza quede totalmente limpia y seca.

A continuación recibirán en taller una capa de imprimación roja (rica en zinc de silicato de etilo con 70 a 75 μm de espesor eficaz de película seca) antes de entregarla para el montaje de obra.

Una vez montada la estructura en obra, se aplicarán tantas manos como sean necesarias para obtener el color deseado.

4.2.5.6. Marcado e identificación de elementos

En cada una de las piezas preparadas en el taller se marcará con pintura la identificación correspondiente con que ha sido designada en los planos de taller para el armado de los distintos elementos.

Del mismo modo, cada uno de los elementos terminados en el taller llevará la marca de identificación prevista en los planos de montaje para determinar su posición relativa en el conjunto de la obra.

4.2.6. FASE 6: MONTAJE

Los principales objetivos de seguridad durante el montaje de una construcción en acero son:

- Estabilidad de las partes montadas de la estructura.
- Elevación y colocación seguras de los elementos de acero.
- Acceso seguro y posiciones de trabajo seguras.

Las diferencias particulares que surgen cuando se montan o instalan elementos de acero son:

- La mayor flexibilidad relativa de los elementos de acero, que puede afectar a la rigidez de la estructura parcialmente montada.
- La necesidad de asegurar que los elementos en los que el acabado sea importante desde un punto de vista arquitectónico no se dañen durante su elevación y colocación.
- La necesidad de proporcionar un acceso y posiciones de trabajo seguras para las adecuadas actividades dependientes del tiempo en el lugar de emplazamiento y que generalmente no tienen lugar a menos que existan requisitos especiales de apariencia

La forma principal de asegurar que estos temas especiales se traten adecuadamente es seleccionar operarios de obra que posean experiencia y formación en el montaje e instalación de elementos de acero inoxidable. Sólo mediante el empleo de personal competente y apropiado se podrán asegurar las prestaciones y la seguridad.

Además, los requisitos particulares del proyecto tendrán que ser tratados específicamente, tanto en la preparación de la declaración del método de montaje (ver más adelante), como en la explicación de las tareas al equipo de obra. Se les proporciona las herramientas y los equipos necesarios; así como métodos y equipos de protección personal adecuados para evitar riesgos de seguridad.

Es normal que todas las actividades asociadas al montaje de estructuras de acero se acometan en una visita continua al emplazamiento, y que se utilice una zona de exclusión para aislar la actividad estructural en interés de la seguridad.

Dentro de esta fase el proceso a seguir es el siguiente:

1. Programa de Montaje.
2. Soportes, anclajes y apoyos
3. Planos de montaje.

4. Transporte
5. Recepción, Almacenamiento y Manipulación.
6. Montaje.

4.2.6.1. Programa de Montaje

Antes del comienzo de las actividades en el emplazamiento de la obra, es necesario establecer un programa de montaje, y éste debe ser acordado por todas las partes involucradas. Éste es un documento muy importante que describe los procedimientos a seguir para montar una estructura de manera segura, económica y cumpliendo los plazos de ejecución. Los aspectos habituales que cubre un programa de montaje son:

- a) Descripción de la ejecución en fases, el orden asignado y los tiempos de montaje de los elementos de cada fase.
- b) Descripción del equipo a emplear en el montaje de cada fase.
- c) Cimbras, apeos y todo elemento empleado para sujeción provisional.
- d) Desviaciones permitidas para las tolerancias.
- e) Listado del personal asignado para realizar cada fase con especificación de su calificación profesional.
- f) Elementos de seguridad y protección del personal.
- g) Control y verificación de los replanteos.
- h) Control y verificación de aplomos, nivelaciones y alineaciones.

Es esencial que el programa de montaje sea coherente con los criterios de diseño. Para asegurar que la resistencia de una estructura ya montada parcialmente es suficiente para soportar las cargas impuestas durante su montaje, el programa debe considerar la estabilidad de la estructura parcialmente montada. También debería considerarse cualquier requisito de apeos o arriostramientos temporales, y cualquier otra característica que pudiese generar un riesgo de seguridad durante la construcción.

4.2.6.2. Soportes, anclajes y apoyos

El estado, la ubicación y el nivel de los apoyos de las estructuras deberán prepararse adecuadamente. El montaje no debería comenzar hasta que exista la certeza de que todo lo relativo a soportes, anclajes y apoyos cumple con los criterios de aceptación acordados o especificados.

Las cuñas y el resto de dispositivos de apoyo utilizados de forma temporal bajo placas de base deberían presentar una superficie plana hacia la estructura de acero y ser

de un tamaño, una resistencia y una rigidez adecuados, con el fin de evitar el hundimiento localizado de las baldosas.

4.2.6.3. Planos de montaje

Los planos de montaje deberán mostrar todos los detalles que sean necesarios relativos a la colocación y fijación de la estructura, los métodos de ajuste, los apoyos a sus soportes y las soldaduras, si es que se utilizan durante el montaje. También deberán mostrar detalles de colocación de cualquier estructura de acero u otro trabajo temporal que sea necesario para el montaje, con el fin de asegurar la estabilidad de la construcción o la seguridad del personal.

4.2.6.4. Transporte

Las estructuras o elementos de acero se protegerán de daños que pudieran causarse durante el transporte o traslado. Las piezas pequeñas se empacarán con bandas de acero para prevenir daños y facilitar la descarga.

El tamaño de las piezas fabricadas, para su transporte, será el indicado en los planos de diseño y consecuentemente en los planos de fabricación.

4.2.6.5. Recepción, Almacenamiento y Manipulación.

Todos los elementos de la estructura deben tener sus marcas de identificación.

El almacenamiento y depósito de los elementos que integran la obra se debe hacer guardando un orden estricto y en forma sistemática, a fin de no generar demoras o errores en el montaje.

Las manipulaciones para la carga, descarga, transporte, almacenamiento a pie de obra y montaje deben efectuarse con el cuidado suficiente para no producir solicitaciones excesivas en ningún elemento de la estructura y para no dañar las piezas o la pintura.

Deben protegerse las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, ganchos o cables que se utilicen en la elevación o sujeción de las piezas de la estructura.

Antes de realizar el montaje, se deberá corregir con cuidado cualquier abolladura, torcedura o comba que haya aparecido durante las operaciones de transporte. Si el defecto no se puede corregir, o se presume que después de corregido puede afectar la

resistencia o estabilidad de la estructura, se rechaza la pieza marcándola debidamente para dejar constancia de ello.

4.2.6.6. Soldadura en obra

Es importante una adecuada accesibilidad de la soldadura teniendo en cuenta el tamaño y movimientos necesarios a efectuar durante el soldeo.

Las soldaduras alrededor de una sección (perfil, tubo rectangular,..) no deben empezar o terminar en una de las esquinas de la sección.

Deben tomarse precauciones como las de proteger los trabajos del viento y la lluvia y suspender los trabajos de soldeo si la temperatura ambiente desciende de 0°, salvo que se proteja el soldeo mediante precalentamiento adecuado de las piezas.

A pesar de todas las precauciones si hay deformaciones no tolerable estas serán corregidas mediante deformación en frío, asegurándose de que en esta corrección no aparecen fisuras en los cordones.

4.2.6.7. Montaje.

El montaje de la estructura deberá realizarse de acuerdo con el programa de montaje, asegurando la estabilidad en todo momento.

Sobre las cimentaciones existentes se apoyan las bases de los primeros pilares o pórticos. Estas bases se nivelan con cuñas de madera. Es conveniente que la separación esté comprendida entre 40 y 80 mm. Después de acunadas las bases, se procede a la colocación de vigas del primer forjado y luego se alinean y aploman los pilares y pórticos.

A lo largo del montaje, la estructura deberá ser segura frente a cargas de montaje, incluyendo aquellas debidas a equipos de construcción o a su operación, y respecto a los efectos del viento sobre la estructura inacabada.

Las sujeciones provisionales de los elementos durante fase de montaje se aseguran para resistir cualquier esfuerzo que se produzca durante los trabajos.

El alineamiento de la estructura y la falta de fijación en las conexiones puede ajustarse mediante el uso de cuñas. Éstas deberían asegurarse cuando exista el peligro de que se suelten.

Todos los apuntalamientos y arriostramientos temporales deberán mantenerse en su lugar hasta que la construcción esté suficientemente avanzada como para permitir su retirada de manera segura.

Cada parte de la estructura deberá estar alineada después de ser montada y el ensamblaje final se completará inmediatamente después de este paso. No deberán realizarse conexiones permanentes entre los elementos hasta que se haya alineado, nivelado, plomado y conectado temporalmente una parte suficiente de la estructura, con el fin de asegurar que no se desplace ningún elemento durante el montaje posterior o el alineamiento del resto de la estructura.

En el montaje se realiza el ensamble de los distintos elementos, a fin de que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller con las tolerancias establecidas.

No se comienza el atornillado definitivo o soldeo de las uniones de montaje hasta haber comprobado que la posición de los elementos de cada unión coincida con la posición definitiva.

Las uniones atornilladas o soldadas deben realizarse según las especificaciones de la normativa en vigor.

5. PRESUPUESTO

Para la estructura que conforma la cubierta escenario se han utilizado un total de **67.348,60 kg** de acero.

DESCRIPCION	Kg/€	EUROS
OFICINA TECNICA		
Contabiliza el trabajo invertido por los integrantes del departamento para el cálculo, diseño y modelado de la cubierta escenario	0,05	3.367,43 €
MATERIAL		
Acero laminado S-275 JR, en perfiles laminados en caliente	0,6	40.409,16 €
FABRICACIÓN		
Incluye los trabajos realizados por los operarios de sierra, taladro, plasma y armado, así como la imprimación y pintura estipulada.	0,3	20.204,58 €
TRANSPORTE		
Se utilizarán camiones para transporte normal, de 22Tn. Se incluye también el viaje de retorno tras desmontar la estructura.	0,08	5.387,89 €
MONTAJE		
Incluye todos los equipamientos para su realización, como grúas, plataformas, operarios, equipos de soldadura, etc. Así mismo está considerado el desmontaje de la estructura tras la celebración del acto	0,5	33.674,30 €
CONTROL DE CALIDAD		
Incluye todos los procesos necesarios para asegurar una fabricación y un montaje dentro de los parámetros establecidos.	0,01	673,49 €



DESCRIPCION	Kg/€	EUROS
TOTAL EJECUCIÓN		100.349,41 €
GASTOS GENERALES	15%	15.052,41 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	10%	10.034,94 €
SUMA DE G.G. y B.I.		25.087,35 €
I.V.A.	18%	22.578,62 €
TOTAL PRESUPUESTO		148.015,39 €

El presupuesto total asciende a la expresada cantidad de **CIENTO CUARENTA Y OCHO MIL QUINCE EUROS** con **TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS**

6. CONCLUSIONES

En este proyecto se ha diseñado, calculado y modelado una estructura metálica montable y desmontable necesaria para las celebraciones de las Jornadas Mundiales de la Juventud que tendrán lugar en Madrid.

Para el cálculo y diseño se ha empleado el programa CYPE Ingenieros, acorde con el Código técnico de Edificación vigente. El modelado y despiece se ha realizado con el programa TEKLA STRUCTURES.

Con ellos se ha constituido una cubierta escenario donde albergar la presencia de un nutrido grupo de representantes de la Iglesia. Esta marquesina cubrirá una superficie total de 286.36 m².

Se ha empleado acero S-275JR para la construcción de todos los elementos que conforman la estructura.

Hemos calculado todas las cargas que afectan a la estructura: peso propio, peso de la cubierta, sobrecarga de uso y sobrecarga de viento, cumpliendo en todo momento con lo especificado en el CTE.

Se ha analizado la estructura con la ayuda del programa Metal 3D de CYPE, hasta conseguir el resultado final.

Se ha realizado el diseño y modelado de la estructura mediante el programa TEKLA, constituyendo las distintas partes de la estructura, sus uniones y detalles necesarios para su fabricación, transporte y montaje.

El resultado final de la cubierta escenario posee una estética horizontal, la cual otorga una sensación de integración en el entorno y proximidad para con los asistentes.

Así mismo, dicha estructura carece de anclajes al suelo, siendo totalmente estable y segura frente al vuelco, utilizando únicamente como método de sustentación su peso propio.

Nos comprometemos a que la totalidad de la estructura estará montada en los tres turnos de noche para los cuales hemos obtenido licencia de trabajo.

Además, hemos conseguido realizar todo ello con un presupuesto de 153.842,50 €.



Pamplona, Febrero de 2012
Firmado:

ISMAEL LONGÁS ESPARZA
Ingeniero Técnico Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO”

2. PLIEGO DE CONDICIONES

Ismael Longás Esparza

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 23-02-2012



INDICE

1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO.....	1
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	1
1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS	1
1.3. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS.....	1
2. CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	1
2.1. ESTRUCTURA DE ACERO	2
2.1.1. Generalidades.....	2
2.1.2. Perfiles y Chapas de acero	3
2.1.3. Perfiles huecos de acero.....	4
2.1.4. Perfiles y Placas conformados de acero.....	5
2.1.5. Roblones de acero	6
2.1.6. Tornillos.....	7
2.1.7. Materiales no consignados en proyecto	8
2.1.8. Ejecución	8
2.2. PINTURA Y REVESTIMIENTOS	12
2.3. IMPERMEABILIZACIONES Y CUBIERTAS.....	12
2.4. PROTECCIÓN DEL AMBIENTE ATMOSFÉRICO.....	13
2.5. CONTROL DE CALIDAD	13
3. NORMATIVA DE APLICACIÓN	15

1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente Pliego regirá en unión de las disposiciones que con carácter general y particular se indican, y tiene por objeto la ordenación de las Condiciones Técnico-facultativas que han de regir en la ejecución del presente proyecto.

1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

El presente Pliego, conjuntamente con la Memoria y los Planos forman el proyecto que servirá de base para la ejecución de las obras. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establece la definición de las obras en cuanto a su naturaleza intrínseca. Los Planos constituyen los documentos que definen la obra en forma geométrica y cuantitativa.

1.3. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS

En caso de incompatibilidad o contradicción entre los Planos y el Pliego, prevalecerá lo escrito en este último documento. En cualquier caso, ambos documentos tienen preferencia sobre los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales de la Edificación.

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los Planos o viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que la unidad de obra esté definida en uno u otro documento y figure en el Presupuesto.

2. CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

Todos los trabajos o materiales empleados cumplirán la “Resolución General de Instrucciones para la Construcción”, de 31 de Octubre de 1966.

En todos los trabajos que se realicen en la obra, se observarán, y el encargado será el responsable de hacerlas cumplir, las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción definidas en el Real Decreto 1627/97 y las determinaciones fijadas por el Reglamento de los Servicios de Prevención por Real Decreto 39/97, así como lo dispuesto en la Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo,

aprobado por Orden de 9 de Marzo de 1971, así como cuantas Normas Técnicas Reglamentarias hayan dictado los Organismos competentes.

Todos los trabajos de replanteo necesarios para la ejecución de las obras serán realizados por cuenta y riesgo del contratista, a los que la Dirección Facultativa dará el visto bueno, previos los trámites legales que la tirada de cuerdas exija, en función de las disposiciones que los organismo oficiales competentes (Ayuntamiento, Diputación, Comunidad de Madrid, etc.) hayan dictado sobre ellos.

Todos los materiales o partidas de obra cuyas condiciones de calidad no se especifiquen en el presente Pliego de Condiciones, o en las Normas que en él se citan, cumplirán las especificaciones de la correspondiente Norma Básica de la Edificación y en su defecto, norma europea que la Dirección Facultativa autorice.

2.1. ESTRUCTURA DE ACERO

2.1.1. Generalidades

Además de las especificaciones que se indican a continuación, son de observación obligada todas las Normas y Disposiciones que establece el nuevo código técnico de la edificación: Seguridad estructural en el acero (CTE-DB-SE-A).

En caso de duda o contraposición de criterios, serán efectivos los que de la Norma interprete la Dirección Facultativa de la Obra.

Los aceros considerados en este DB son los establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general).

Se podrán utilizar todos aquellos materiales provenientes de países que sean parte del acuerdo del Espacio Económico Europeo, que estarán sujetos a lo previsto en el Real Decreto 1630/1992, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán sujetos a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

La designación comercial del acero es la que figura en las normas UNE EN 10025 y UNE EN 10210-1. En la siguiente tabla se indican las correspondencias entre unas y otras designaciones para los productos laminados más usuales:

Designación según NBE-EA/95	Designación según UNE EN 10025 ⁽¹⁾
A 37 b	S 235 JR
-	S 235 JR G2
A 37 c	S 235 JO
A 37 d	S 235 J2 G3
A 42 b	-
A 42 c	-
A 42 d	-
(2)	S 275 JR
(2)	S 275 JO
(2)	S 275 J2 G3
A 52 b	S 355 JR
A 52 c	S 355 JO
A 52 d	S 355 J2 G3

⁽¹⁾ La designación de aceros para construcción metálica UNE EN 10025 utiliza una notación alfanumérica que comienza con la letra S, seguida de tres dígitos que indican el valor mínimo del límite elástico expresado en N/mm² a los que se añaden otras letras y números que corresponden al grado y otras aptitudes.

⁽²⁾ Estas designaciones se corresponden con A 44b, A44c y A44d, respectivamente según UNE 36080:73.

2.1.2. Perfiles y Chapas de acero

El fabricante garantizará las características mecánicas y la composición química de los productos laminados que suministre, documentando el cumplimiento de las prescripciones, reflejando los resultados de los ensayos realizados.

El consumidor puede, a costa suya, comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante, encargando a la fábrica o a un laboratorio oficial o acreditado en el área técnica correspondiente, que realice ensayos o análisis químicos y extienda el documento que corresponda con los resultados obtenidos.

Estos ensayos se realizarán dividiendo cada partida en unidades de inspección se realizarán al azar y según las UNE 36300 y UNE 36400. Los ensayos a realizar serán:

-Tracción (UNE 7474-1): se ensayará una probeta.

-Doblado (UNE 7472): se ensayará una probeta, dando por bueno si no aparecen grietas.

-Resiliencia (UNE 7475-1): se ensayarán tres probetas.

-Análisis Químicos:

- Carbono UNE 7014, UNE 7331, UNE 7349
- Fósforo UNE 7029
- Azufre UNE 7019
- Nitrógeno UNE 36317-1
- Silicio UNE 7028
- Magnesio UNE 7027

-Dureza Brinell (UNE 7422)

En este caso de ensayos en la recepción, si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, se aceptará. Si algún resultado no cumple lo prescrito, se realizarán dos contra ensayos tomadas de la unidad de inspección que se esté ensayando. Si son ambos satisfactorios se aceptará, de lo contrario, será rechazada.

Las condiciones de suministro de los productos serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, y se ajustarán a lo que establece en esta Norma y en las condiciones generales de la norma UNE 36007, en todo lo que contradiga a la presente. Todos los perfiles llevarán marcadas en intervalos las siglas de la fábrica, en relieve producido con los rodillos de laminación. El resto de los productos (redondos, cuadrados, rectangulares y chapa) irán igualmente marcados con dichas siglas mediante procedimiento elegido por el fabricante. El símbolo de la clase de acero irá marcado en todo producto, pudiendo realizarse mediante laminado, troquel o pintura indeleble.

2.1.3. Perfiles huecos de acero

El acero comercial para estos elementos será el especificado según la UNE en 10210-1:1994.

El fabricante garantizará las características mecánicas y la composición química de los perfiles huecos que suministre, documentando el cumplimiento de las prescripciones.

El consumidor puede, a costa suya, comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante, encargando a la fábrica o a un laboratorio oficial o acreditado en el área técnica correspondiente, que realice ensayos o análisis químicos y extienda el documento que corresponda con los resultados obtenidos.

Los ensayos a realizar serán:

-Tracción (UNE 7474-1): se ensayará una probeta.

-Doblado (UNE 7472): se ensayará una probeta, dando por bueno si no aparecen grietas.

-Aplastamiento (UNE 7208): se ensayará una probeta.

-Análisis Químicos:

- Carbono UNE 7014, UNE 7331, UNE 7349
- Fósforo UNE 7029
- Azufre UNE 7019
- Nitrógeno UNE 36317-1

En este caso de ensayos en la recepción, si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, se aceptará. Si algún resultado no cumple lo prescrito, se realizarán dos contra ensayos tomadas de la unidad de inspección que se esté ensayando. Si son ambos satisfactorios se aceptará, de lo contrario, será rechazada.

Las condiciones de suministro de los productos serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, y se ajustarán a lo que establece en esta Norma y en las condiciones generales de la norma UNE EN 10021 y de la UNE EN 10210-1 para los perfiles conformados en caliente.

Todo perfil hueco llevará las siglas de la fábrica y la del acero marcadas indeleblemente mediante procedimiento elegido por el fabricante.

No se admitirán perfiles huecos suministrados con soldadura transversal. Son admisibles todos aquellos elementos que cumplan las tolerancias dimensionales establecidas en la norma, pudiendo establecerse entre consumidor y fabricante otras más estrictas en caso de aplicaciones especiales.

2.1.4. Perfiles y Placas conformados de acero

El acero comercial para estos elementos será, no aleado y especificado según la UNE 36004.

El fabricante garantizará las características mecánicas y la composición química de los perfiles huecos que suministre, documentando el cumplimiento de las prescripciones.

El consumidor puede, a costa suya, comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante, encargando a la fábrica o a un laboratorio oficial o acreditado en el área

técnica correspondiente, que realice ensayos o análisis químicos y extienda el documento que corresponda con los resultados obtenidos.

Los ensayos a realizar serán:

-Tracción (UNE 7474-1): se ensayará una probeta.

-Doblado (UNE 7472): se ensayará una probeta, dando por bueno si no aparecen grietas.

-Aplastamiento (UNE 7208): se ensayará una probeta.

-Análisis Químicos:

- Carbono UNE 7014, UNE 7331, UNE 7349
- Fósforo UNE 7029
- Azufre UNE 7019
- Nitrógeno UNE 36317-1

En este caso de ensayos en la recepción, si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, se aceptará. Si algún resultado no cumple lo prescrito, se realizarán dos contra ensayos tomadas de la unidad de inspección que se esté ensayando. Si son ambos satisfactorios se aceptará, de lo contrario, será rechazada.

Las condiciones de suministro de los productos serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, y se ajustarán a lo que establece en esta Norma y en las condiciones generales de la norma UNE EN 10021 y de la UNE 36007 para los perfiles huecos conformados en caliente.

Todo perfil y placa conformado llevará las siglas de la fábrica y la del acero marcadas indeleblemente mediante procedimiento elegido por el fabricante.

No se admitirán perfiles huecos suministrados con soldadura transversal.

2.1.5. Roblones de acero

El acero de los roblones será en función del tipo de los aceros a unir.

El fabricante garantizará las características mecánicas y la composición química de los roblones que suministre, documentando el cumplimiento de las prescripciones.

El consumidor puede, a costa suya, comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante, encargando a la fábrica o a un laboratorio oficial o acreditado en el área

técnica correspondiente, que realice ensayos o análisis químicos y extienda el documento que corresponda con los resultados obtenidos. Los ensayos a realizar serán a tracción (UNE 7474-1) y a cortadura (UNE 7246).

Se deberá realizar divisiones en lotes, que estén constituidos cada uno por roblones del mismo pedido, clase diámetro, longitud y clase de acero. El peso del lote lo fijará el consumidor, pero no será mayor de 5 t para roblones de diámetro hasta 20 mm, ni que 10 t para diámetros mayores. En cada lote se ensayarán dos muestras.

En este caso de ensayos en la recepción, si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, se aceptará. Si algún resultado no cumple lo prescrito, se realizarán dos contraensayos tomadas de la unidad de inspección que se esté ensayando. Si son ambos satisfactorios se aceptará, de lo contrario, será rechazada.

En la recepción se comprobará que cada envase llevará una etiqueta indicando la marca del fabricante, la designación del roblón, la clase de acero y el nº de piezas. Se comprobará que los roblones tienen las superficies lisas y no presentan fisuras, rebabas, u otros defectos que perjudiquen su empleo. La unión de la cabeza a la caña estará exenta de pliegues.

Todo perfil y placa conformado llevará las siglas de la fábrica y la del acero marcadas indeleblemente mediante procedimiento elegido por el fabricante.

No se admitirán perfiles huecos suministrados con soldadura transversal. Son admisibles todos aquellos elementos que cumplan las tolerancias dimensionales establecidas en la norma, pudiendo establecerse entre consumidor y fabricante otras más estrictas en caso de aplicaciones especiales.

2.1.6. Tornillos

El acero de los tornillos y las características del acero serán las especificadas y normalizadas por la normativa ISO.

El fabricante garantizará las características mecánicas y la composición química de los tornillos que suministre, documentando el cumplimiento de las prescripciones.

El consumidor puede, a costa suya, comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante, encargando a la fábrica o a un laboratorio oficial o acreditado en el área técnica correspondiente, que realice ensayos o análisis químicos y extienda el documento que corresponda con los resultados obtenidos. Los ensayos a realizar serán a tracción, alargamiento de rotura, dureza Brinell, rebatimiento de la cabeza, estrangulación y rotura con entalladura. Se deberá realizar divisiones en lote, que estén

constituidos cada uno por tornillos del mismo pedido, tipo, dimensiones y clase de acero. De cada lote se separarán un nº de muestras que se fijará de acuerdo entre el fabricante y el comprador, sin exceder del 2% del nº de piezas que componen el lote.

En este caso de ensayos en la recepción, si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, se aceptará. Si algún resultado no cumple lo prescrito, se realizarán dos contra ensayos tomadas de la unidad de inspección que se esté ensayando. Si son ambos satisfactorios se aceptará, de lo contrario, será rechazada.

En la recepción se comprobará que las piezas se reciben ligeramente engrasadas, en envases adecuados, suficientemente protegidas. Cada envase contendrá solamente tornillos, tuercas o arandelas de un mismo tipo, longitud y calidad. Cada envase llevará una etiqueta indicando la marca del fabricante, designación del tornillo, tuerca o arandela, el tipo de acero y el nº de piezas que contiene.

Son admisibles todas aquellas piezas que cumplan las tolerancias dimensionales establecidas en la norma, pudiendo establecerse entre consumidor y fabricante otras más estrictas en caso de aplicaciones especiales.

2.1.7. Materiales no consignados en proyecto

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas

2.1.8. Ejecución

Uniones Roblonadas y Atornilladas

-Roblones: Todo roblón deberá ser precalentado antes de su colocación. El roblonado se realizará de forma que las piezas de la unión queden perfectamente apretadas unas contra otras y no se produzcan alabeos ni curvaturas, quedando el agujero completamente relleno. Se prohíbe la colocación con maza de mano. Se eliminarán las rebabas que, eventualmente, puedan quedar alrededor de la cabeza. No se tolerarán huellas de la stampa sobre la superficie de los perfiles. Una vez colocados los roblones se llevará a cabo una comprobación de los mismos antes de quitar las fijaciones.

-Tornillos: Se hará siguiendo lo establecido en el CTE. Los asientos de las cabezas y tuercas estarán perfectamente limpios y planos. Es preceptivo en uniones de fuerza la colocación de una arandela. Las tuercas se apretarán a fondo preferentemente con medios mecánicos.

En la colocación de los tornillos de alta resistencia se comprobará que las piezas a unir están perfectamente planas, limpias y sin grasa, eliminándola por medio de disolventes adecuados. Se efectuará una limpieza de las superficies que tengan cascarilla de laminación debido a la importancia del rozamiento entre superficies en este tipo de uniones. Se colocará siempre arandela bajo la cabeza y bajo la tuerca. La parte roscada de la espiga sobresaldrá de la tuerca al menos 1 filete. Las tuercas se apretarán mediante llaves taradas, que midan el momento torsor aplicado hasta el valor prescrito. También pueden emplearse métodos de apretado que midan ángulos de giro.

Uniones Soldadas

Los procedimientos de soldeo autorizados son:

- I- Soldero eléctrico manual, por arco descubierto con electrodo fusible revestido.
- II- Soldero eléctrico semiautomático o automático, por arco en atmósfera gaseosa con alambre-electrodo fusible.
- III- Soldero eléctrico automático, por arco sumergido con alambre-electrodo fusible desnudo.
- IV- Soldero eléctrico por resistencia.

El constructor presentará una memoria de soldeo, detallando las prácticas operatorias que se van a utilizar dentro del procedimiento elegido.

Las disposiciones de las piezas para las soldaduras de los tipos I, II y III pueden ser:

-Soldaduras a tope, en prolongación (fig.5.2.1.A), en T (fig.5.2.1.B) o en L (fig.5.2.1.C).

-Soldaduras de ángulo, en rincón (fig.5.2.1.D), en solape (fig.5.2.1.E), en esquina (fig.5.2.1.F) o en ranura (fig.5.2.1.G).

Y en el tipo IV:

-Soldaduras a tope, en prolongación (fig.5.2.1.A), en T (fig.5.2.1.B) o en L (fig.5.2.1.C).

-Soldaduras por puntos (fig.5.2.1.H).

Las prescripciones para cada tipo de soldadura, el orden de ejecución de las mismas así como la preparación de los bordes se realizarán según las especificaciones del CTE-DB-SE-A respectivamente.

Las soldaduras serán realizadas por personal calificado y con los electrodos elegidos para el tipo de soldadura a realizar y el tipo de acero de los elementos a soldar.

No se permite soldar una pieza que haya sufrido en frío una deformación longitudinal mayor que el 2,5%, a menos que haya tenido un tratamiento térmico adecuado.

Antes del soldeo se limpiarán los bordes de la unión, eliminando toda la cascarilla, herrumbre o suciedad, y muy especialmente la grasa y la pintura, dejando las partes a soldar bien secas.

Los cordones se depositarán sin producir mordeduras. Se prohíbe todo enfriamiento anormal o excesivamente rápido de las soldaduras, siendo preceptivo tomar las precauciones precisas para ello.

Las soldaduras efectuadas en taller, se realizarán, a ser posible, depositando el cordón en horizontal, sin que se produzcan sollicitaciones importantes en las piezas.

Deberán reducirse al mínimo las soldaduras realizadas en obra, recomendándose para ello, otro tipo de uniones. Se tomarán las precauciones precisas para proteger los trabajos contra el viento y la lluvia. Se protegerán del frío, suspendiendo los trabajos, cuando la temperatura ambiente alcance los 0°C, salvo autorización de la Dirección de Obra, para temperaturas entre 0°C y -5°, adoptando medidas de protección especiales para evitar el enfriamiento rápido de la soldadura.

Montaje en obra

El constructor, basándose en el proyecto, realizará un programa de montaje que deberá ser presentado y aprobado por la Dirección de Obra.

El programa de montaje deberá detallar al menos los siguientes extremos:

- Distribución de la ejecución en fases, orden y tiempos de montaje de los elementos de cada fase.
- Descripción del equipo que se empleará en el montaje de cada fase.
- Apeos, cimbras u otros elementos de sujeción provisional.
- Personal preciso para realizar cada fase con especificación de su calificación profesional.
- Elementos de seguridad y protección del personal.
- Comprobación de los replanteos.
- Comprobación de las nivelaciones, alineaciones y aplomos.

Los detalles de obra de acero se realizarán según los trazados en el proyecto, y en caso de que alguno no existiera, se consultará a la Dirección Facultativa con objeto de que redacte el plano de obra oportuno, o de la norma para la resolución del mismo.

Los elementos componentes de la estructura estarán de acuerdo con las dimensiones y detalles de los planos de taller y pliego de prescripciones y llevarán las marcas de identificación anteriormente mencionadas.

El almacenamiento y depósito de los elementos constitutivos de la obra se hará de una forma sistemática y ordenada, para facilitar su montaje.

Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte, almacenamiento a pie de obra y montaje, se realizarán con el cuidado suficiente para no provocar solicitaciones excesivas en ningún elemento de la estructura y para no dañar las piezas ni la pintura. Se cuidarán especialmente, protegiéndolas si fuese necesario, las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, cables o ganchos a utilizar en la elevación o sujeción de las piezas de la estructura.

Se corregirá cuidadosamente, antes de proceder al montaje, cualquier abolladura, comba o torcedura que haya podido provocarse en las operaciones de transporte. Si el defecto no puede ser corregido, o se presume que después de corregido puede afectar a la resistencia o estabilidad de la estructura, la pieza en cuestión se rechazará, marcándola debidamente para dejar constancia de ello.

La sujeción provisional de los elementos durante el montaje se asegurará con tornillos, grapas u otros procedimientos que resistan los esfuerzos que puedan producirse por las operaciones de montaje.

En el montaje se realizará el ensamble de los distintos elementos, de modo que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller, con las tolerancias establecidas. Se comprobará, cuantas veces sea preciso, la exacta colocación relativa de sus diversas partes.

Las uniones de montaje y otros dispositivos auxiliares se retirarán solamente cuando se pueda prescindir de ellos estáticamente.

Las tolerancias en la ejecución serán las especificadas en el CTE. La protección de las superficies se realizará según lo especificado en el CTE, recalcando que todo elemento de la estructura, recibirá en taller una capa de imprimación antes de ser entregado a montaje. Las superficies que hayan de quedar en contacto en las uniones de la estructura tanto atornilladas como soldadas, así como las que puedan estar en contacto con el terreno no se pintarán, siendo preciso que las últimas queden embebidas en hormigón. No obstante, si alguno de estos elementos ha de permanecer algún tiempo a la intemperie, podrá ser protegido por medio de una pintura fácilmente eliminable, que se limpiará antes de proceder a la unión definitiva.

2.2. PINTURA Y REVESTIMIENTOS

Se darán los baños indicados en el Presupuesto y la Memoria. Las pinturas serán de buena calidad y de los colores indicados por los Ingenieros. Las características de los distintos productos aplicados, así como su aplicación serán función del soporte, de su localización al exterior o interior, y cumplirán las especificaciones de la Norma Tecnológica NTE-RPP/1976. Se tenderá al uso de pinturas naturales al silicato.

2.3. IMPERMEABILIZACIONES Y CUBIERTAS

Los productos utilizados deberán estar oficialmente homologados, de acuerdo con la Orden de 12 de Marzo de 1986 del Ministerio de Industria y Energía, o sí proceden de la Comunidad Económica Europea cumplirán el Reglamento General de Actuaciones del Ministerio de Industria y Energía en el campo de la normalización y la homologación. RD 2584/1981 y RD 105/1988.

Se realizará una prueba de servicio, durante 24 horas, consistente en la inundación hasta un nivel de 5 cm. Inferior al de entrega en el paramento, sin sobrepasar los límites de resistencia estructural de la cubierta, o en su defecto, un riego continuo durante 48 horas.

Poliéster

La impermeabilización por medio de resinas plásticas de la familia de los Poliésteres se realizará sobre soporte limpio y seco.

Sobre una imprimación de resina de poliéster termoestable, de alta colabilidad y 5 Poises de viscosidad máxima a 25°C, se aplicarán las capas sucesivas de tejido de fibra de vidrio y resina de poliéster definidos en el presupuesto, sobre las que se aplicará una capa de resina de acabado con protección anti-UV (rayos ultravioleta) si va a permanecer vista.

Cubiertas de chapa de acero

Cumplirán lo especificado en el CTE.

Otro tipo de cubiertas

Cumplirán los requisitos adoptados en este proyecto, siempre que el peso de la misma no sobrepase los 10.00 kg/m².

2.4. PROTECCIÓN DEL AMBIENTE ATMOSFÉRICO

Durante todo el proceso edificatorio se evitará la utilización de materiales y productos que, por sí o como consecuencia de su manipulación, pueden producir contaminación ambiental por emisión o vertido.

Si se pretende utilizar alguno de los productos de los denominados Contaminantes en el Anexo III de la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico 38/22-XII-72 y su desarrollo en los posteriores Reales Decretos se notificará a la Dirección sin cuya autorización no se hará uso del mismo.

Se tendrá así mismo en cuenta el Reglamento de Actividades Molesta, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, en orden a realizar las obras de acuerdo al mismo cuando el uso previsto de los locales lo exija.

2.5. CONTROL DE CALIDAD

Normativa

En caso de que, por aplicación de Orden Foral 1436, de 9 de Diciembre de 1997, sea preceptiva la inclusión de un Programa de Control de Calidad en el Proyecto de Ejecución, el control de los materiales y la ejecución de la obra se llevarán a cabo según lo dispuesto en dicho documento, salvo aquellos capítulos que no estén en él recogidos, que se regirán por lo dispuesto en este Pliego de Condiciones.

En caso contrario, las prescripciones y los ensayos serán los reflejados en este Pliego de Condiciones y en las Normas en él mencionadas.

Laboratorios

El Promotor contratará directamente con un Laboratorio legalmente acreditado, y con cargo a la partida correspondiente del presupuesto, los servicios de control complementarios a la inspección de la Dirección Facultativa, que garanticen la calidad de los materiales y la ejecución de las unidades de obra, según se han establecido en este Pliego. El Promotor podrá delegar en el Director y éste en el Contratista la facultad de contratar los citados servicios.

Todo material o componente que llegue a la obra, tanto si va a permanecer como parte de la misma o como elemento auxiliar durante su ejecución, será controlado por el Técnico de control en lo que respecta a su documentación de marca o idoneidad reconocida y suficiente.

Las características de las obras de hormigón armado que, por la aplicación de la Instrucción que las rige, implican un control tanto de los materiales como de la ejecución, se concretan en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares adjunto.

Resultados y aceptación o rechazo de los materiales y unidades de obra

Cuando los materiales o resultados de los ensayos, pruebas o análisis no sean conformes a lo especificado en el Proyecto, la Dirección de Obra establecerá y justificará las medidas correctoras oportunas, reflejándolas en el Libro de Ordenes. En los casos en que la Dirección considere no aceptable una partida cualquiera de la obra, se considerarán como condiciones objetivas de aceptación las definidas por este Pliego de Condiciones, por las correspondientes Normas de obligado cumplimiento, y en su defecto, por las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE, pudiendo la Contrata exigir su aceptación si la partida las cumple.

Sellos de calidad

Los materiales, productos, equipos y sistemas que tengan concedido Sello de calidad, tendrán preferencia respecto al resto, e incluso serán de obligada puesta en obra, si los alternativos existentes en el mercado no están avalados por marca de procedencia, certificado de garantía de Laboratorio oficialmente homologado, o si la propia Dirección Facultativa no ha determinado específicamente su uso por orden directa.

Documentación final

Durante la ejecución de la obra la Dirección de Obra dispondrá de los albaranes, certificados de garantía y marcas o sellos de calidad de los materiales que se reciban en obra.

La dirección de obra recopilará durante la duración de la misma la siguiente documentación:

- Los resultados, los ensayos, pruebas y análisis realizados así como la Certificación del/ los Laboratorios.
- La documentación relativa a certificados de garantía, marcas o sellos de calidad, homologaciones, etc.
- Los albaranes de los materiales recibidos en obra.
- Las medidas correctoras aplicadas a resultados no satisfactorios del control.

- Las modificaciones realizadas en cuanto a calidad de materiales o especificaciones con respecto a lo definido en el Proyecto.

Sólo se tienen en cuenta las condiciones de índole técnica, ya que en este caso, los redactantes de este proyecto, son los mismos que lo llevarán a cabo, por tanto contratista y Dirección Facultativa son el mismo ente.

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Código Técnico de la Edificación (CTE) Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda. B.O.E.: 28 de marzo de 2006.

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte I Disposiciones generales, condiciones técnicas y administrativas, exigencias básicas, contenido del proyecto, documentación del seguimiento de la obra, terminología.

UNE-14.035 para el cálculo de los cordones de soldadura.

Además deberá tenerse en cuenta la normativa autonómica o municipal de obligada observancia que se solape con el Código Técnico, aplicándose en cualquier caso el criterio más restrictivo.

Pamplona, Febrero de 2012

Firmado:

ISMAEL LONGÁS ESPARZA

Ingeniero Técnico Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

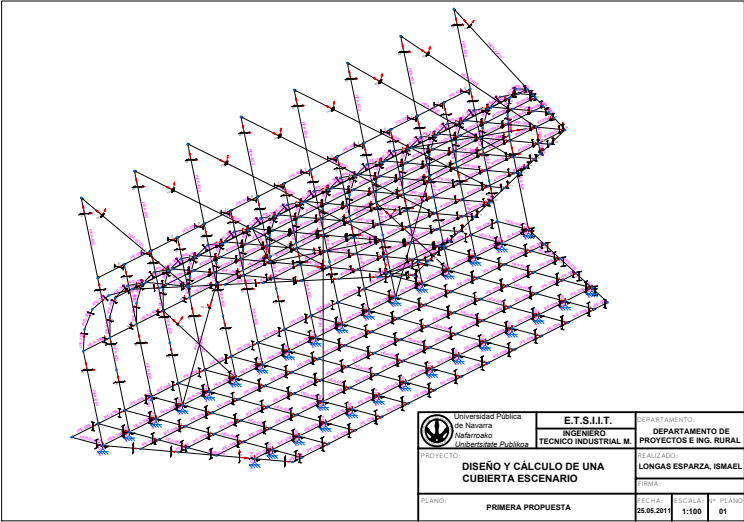
Título del proyecto:

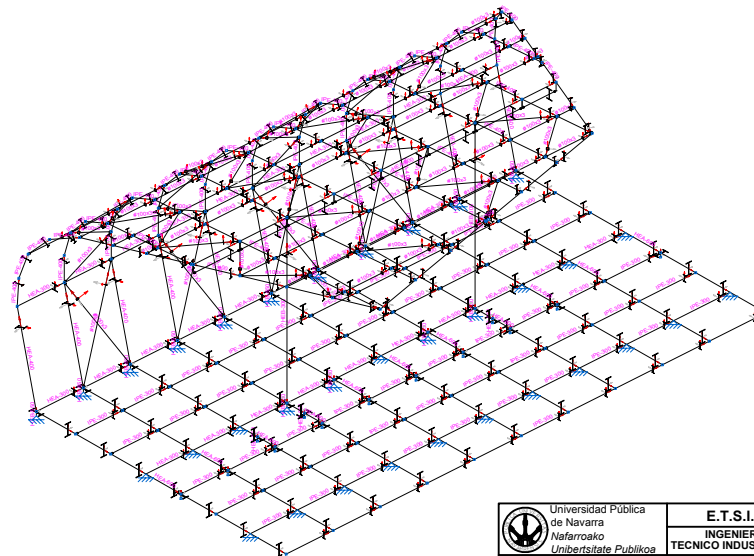
“DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO”

3. PLANOS

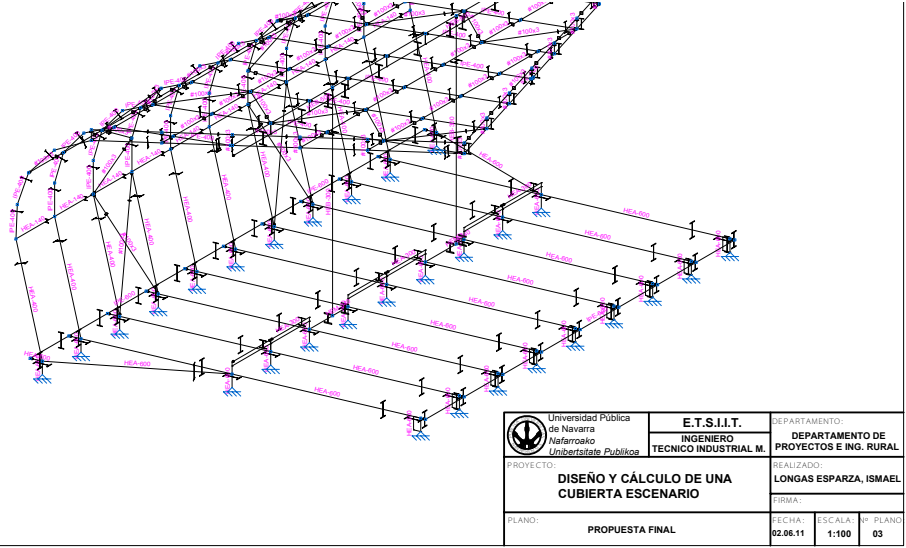
Ismael Longás Esparza
Faustino Gimena Ramos
Pamplona, 23-02-2012


PLANO 01.- PRIMERA PROPUESTA
PLANO 02.- SEGUNDA PROPUESTA
PLANO 03.- PROPUESTA FINAL
PLANO 04.- REACCIONES SUCCION ($V1 + G$)
PLANO 05.- REACCIONES PRESION ($V2 + G$)
PLANO 06.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 07.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 08.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 09.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 10.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 11.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 12.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 13.- UNIONES ATORNILLADAS
PLANO 14.- EJEMPLO PLANO DESPIECE
PLANO 15.- EJEMPLO PLANO ARMADO
PLANO 16.- PERSPECTIVA
PLANO 17.- PLANTA CUBIERTA
PLANO 18.- PLANTA PLATAFORMA
PLANO 19.- LATERAL ALINEACION 1
PLANO 20.- LATERAL ALINEACION 11
PLANO 21.- ALINEACION 2
PLANO 22.- ALINEACION 10
PLANO 23.- ALINEACION 3
PLANO 24.- ALINEACION 4
PLANO 25.- ALINEACION 5
PLANO 26.- ALINEACION 6
PLANO 27.- ALINEACION 7
PLANO 28.- ALINEACION 8
PLANO 29.- ALINEACION 9
PLANO 30.- PETO FRONTAL
PLANO 31.- PLANO TOPOGRÁFICO + EJES DE APOYO

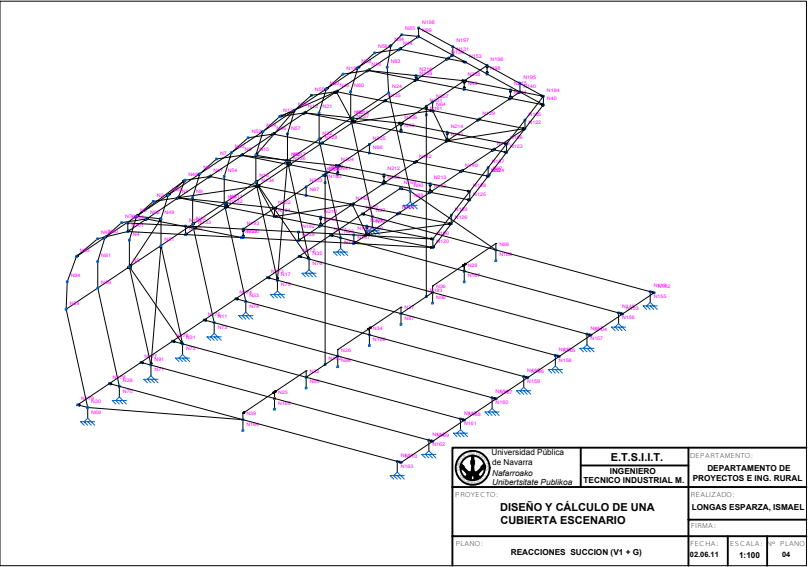





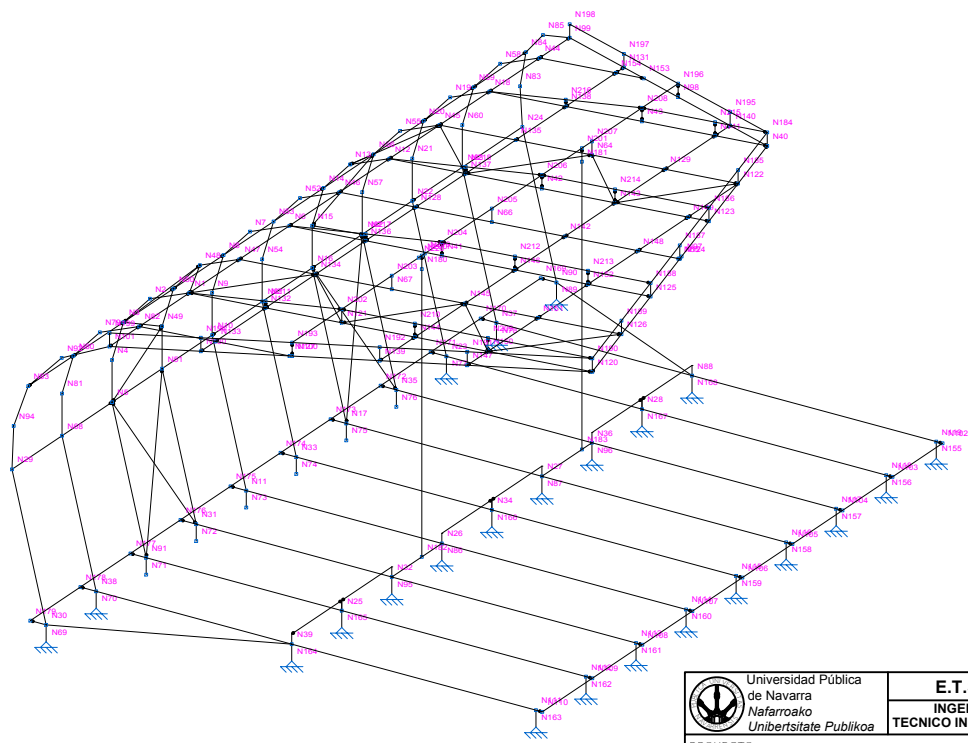
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: SEGUNDA PROPUESTA		FECHA: 26.05.2011	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 02



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
			INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:			REALIZADO:			
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO			LONGAS ESPARZA, ISMAEL			
			FIRMA:			
PLANO:			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	
PROPUESTA FINAL			02.06.11	1:100	03	



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
				FIRMA:	
PLANO:	REACCIONES SUCCION (V1 + G)		FECHA: 02.06.11	ESCALA: 1:100	P. PLANO: 04



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

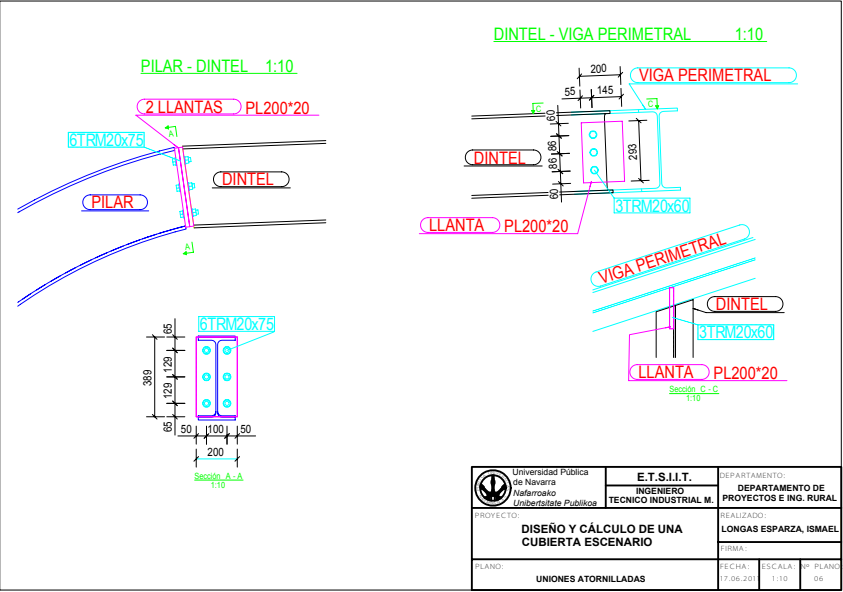
DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA
CUBIERTA ESCENARIO

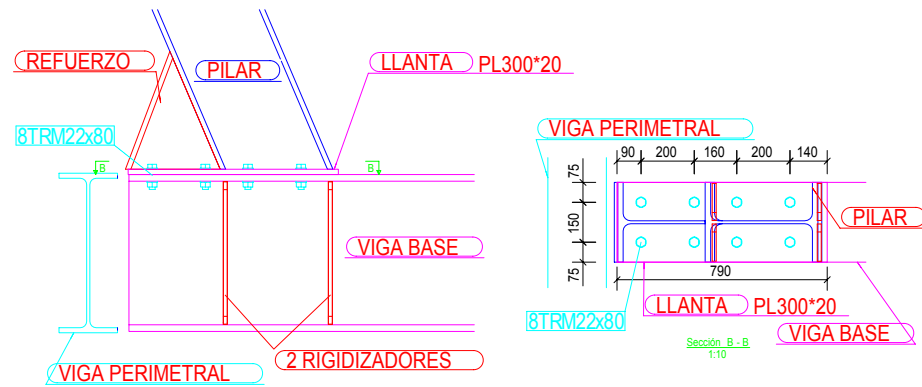
REALIZADO:
LONGAS ESPARZA, ISMAEL

PLANO:
REACCIONES PRESION (V2 + G)

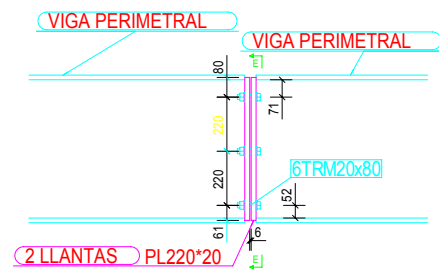
FIRMA:
FECHA: 02.06.11
ESCALA: 1:100
Nº PLANO: 05



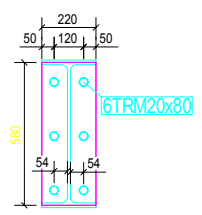
PILAR - VIGA BASE 1:10



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS		FECHA: 17.06.2011	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 07

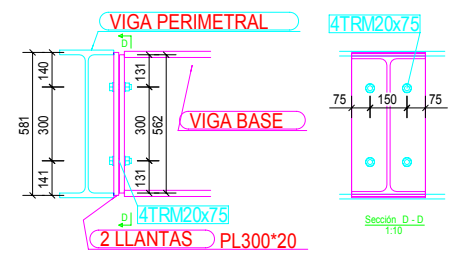


2 LLANTAS PL220*20



Sección E-E
1:10

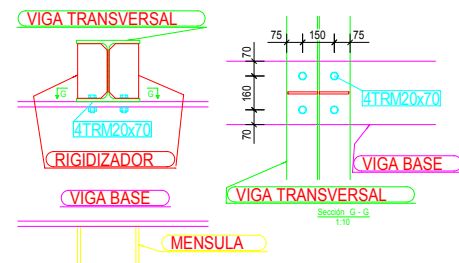
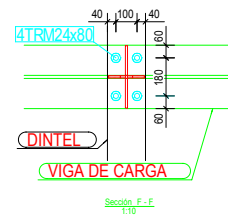
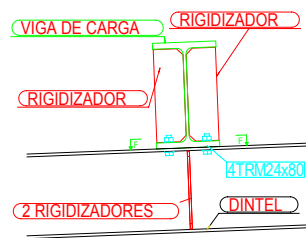
VIGA PERIMETRAL - VIGA PERIMETRAL 1:10



VIGA BASE - VIGA PERIMETRAL 1:10

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL FIRMA:	
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS	FECHA: 17.06.201	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 08	

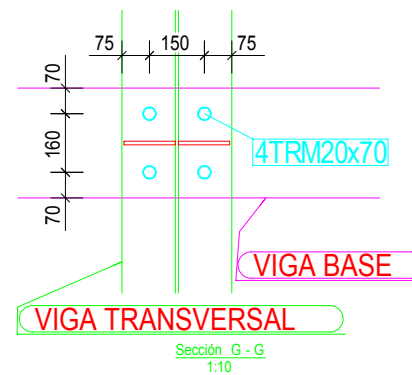
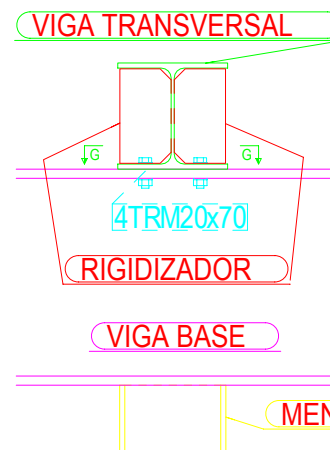
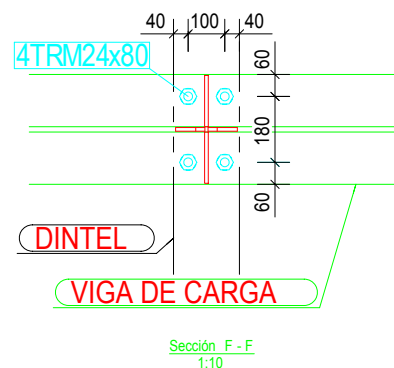
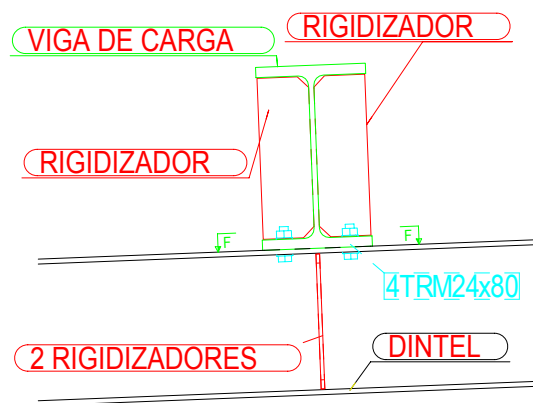
VIGA DE CARGA - DINTEL 1:10




VIGA TRANSVERSAL - BASE 1:10

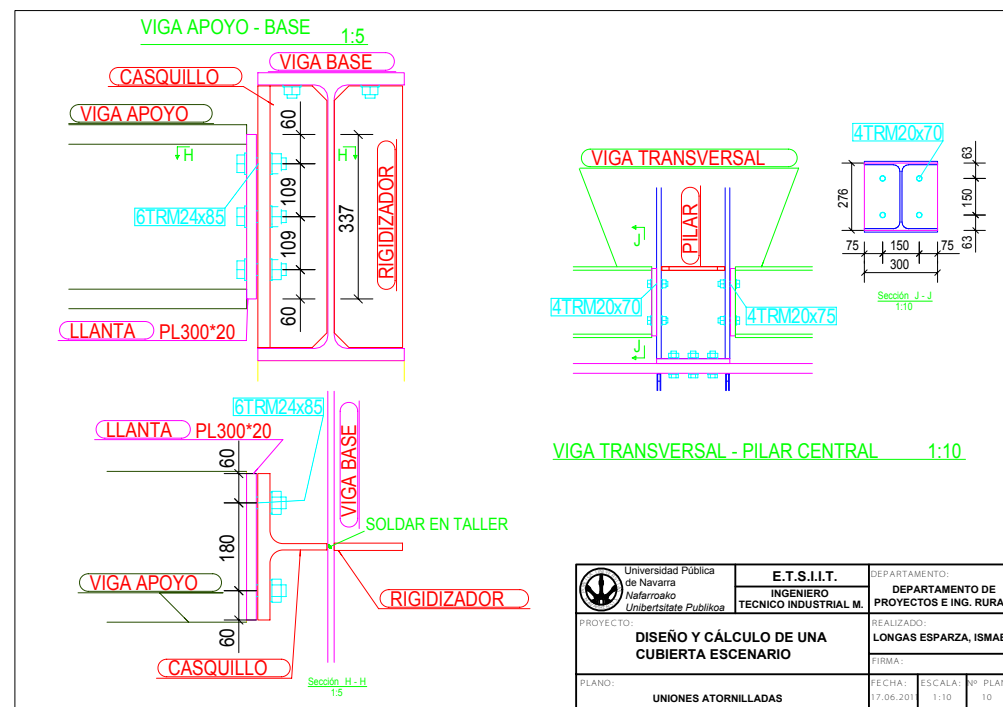
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitatea Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO:
		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO:
		LONGAS ESPARZA, ISMAEL
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS		FIRMA:
		FECHA: 17.06.2011
		ESCALA: 1:10
		W-PLANO: 09

VIGA DE CARGA - DINTEL 1:10

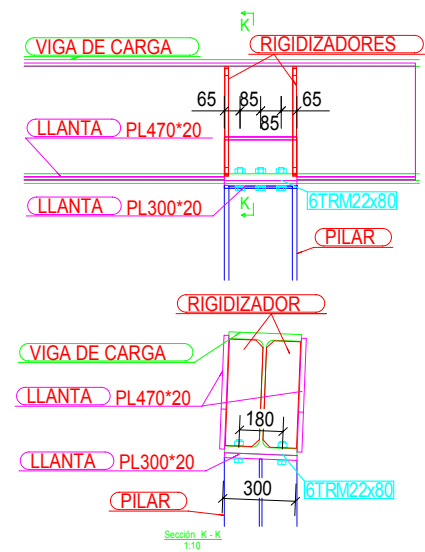


VIGA TRANSVERSAL - BASE 1:10

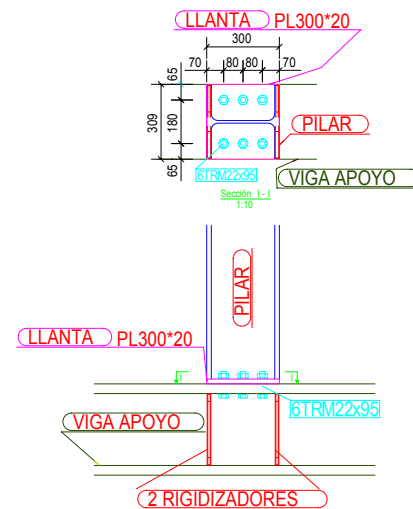
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS		FECHA: 17.06.2011	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 09



PILAR CENTRAL - VIGA TRANSVERSAL CUBIERTA 1:10

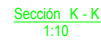


PILAR CENTRAL - VIGA APOYO 1:10




 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS		FECHA: 17.06.201	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 11

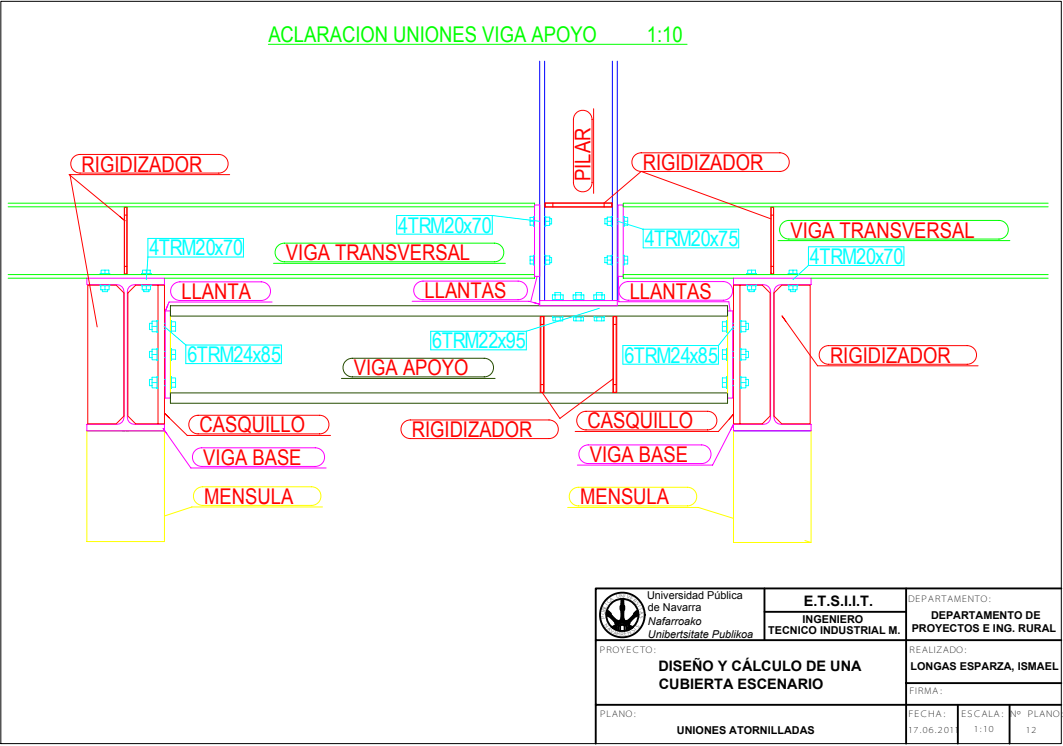
1:10



1:10



 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO			REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL		
			FIRMA:		
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS			FECHA: 17.06.2011	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 11



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

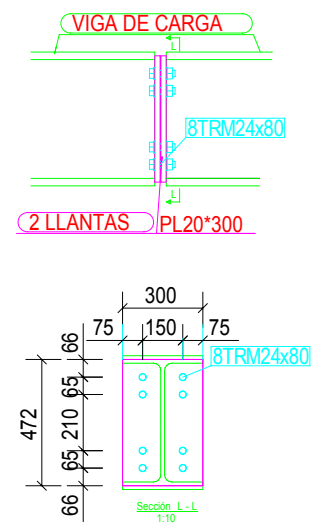
PROYECTO:
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA
CUBIERTA ESCENARIO

REALIZADO:
LONGAS ESPARZA, ISMAEL

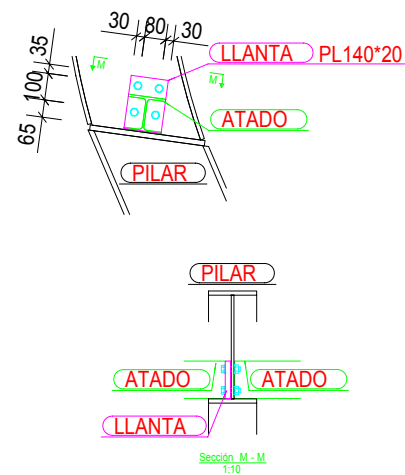
PLANO:
UNIONES ATORNILLADAS

FECHA: 17.06.201
ESCALA: 1:10
Nº PLANO: 12

VIGA DE CARGA - VIGA DE CARGA 1:10

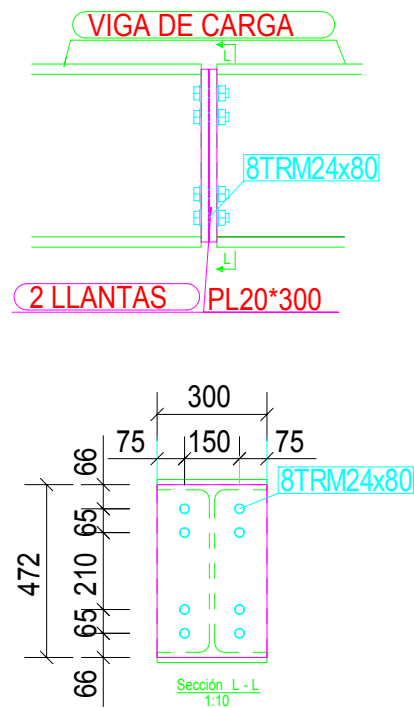


ATADO - PILAR 1:10

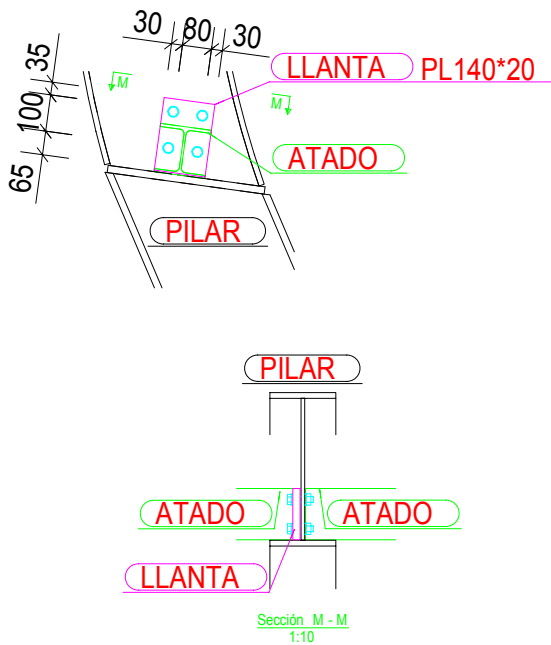



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO:		
			DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO:			REALIZADO:		
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO			LONGAS ESPARZA, ISMAEL		
			FIRMA:		
PLANO:			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
UNIONES ATORNILLADAS			17.06.2017	1:10	13

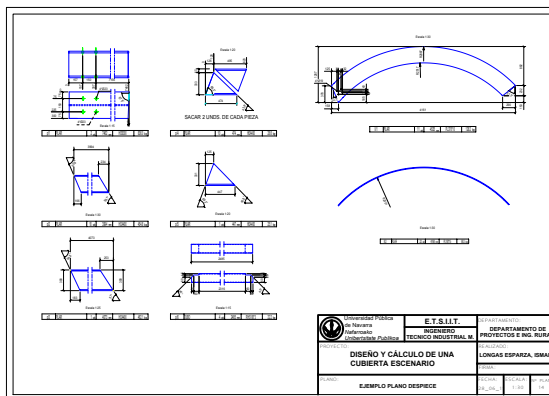
VIGA DE CARGA - VIGA DE CARGA 1:10

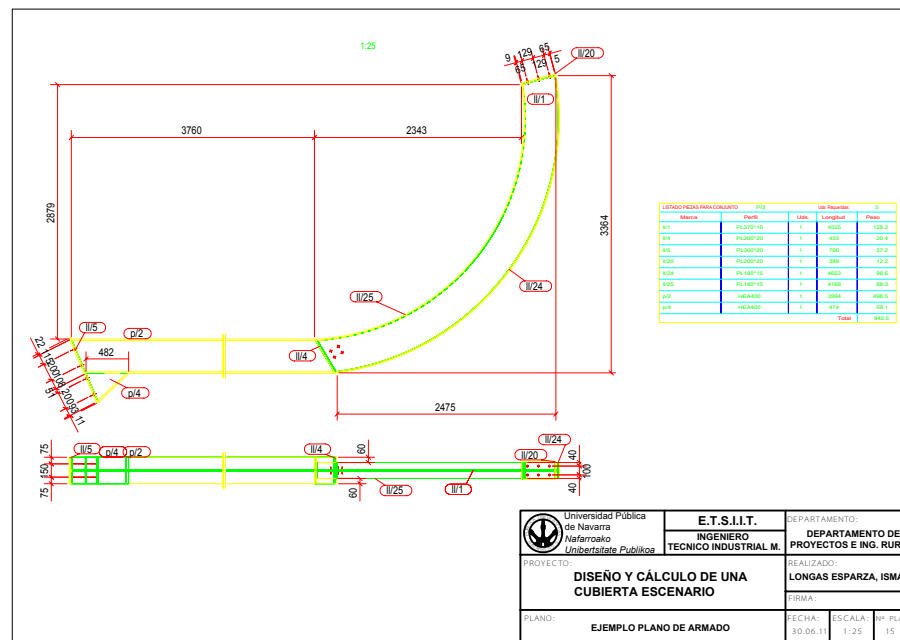


ATADO - PILAR 1:10

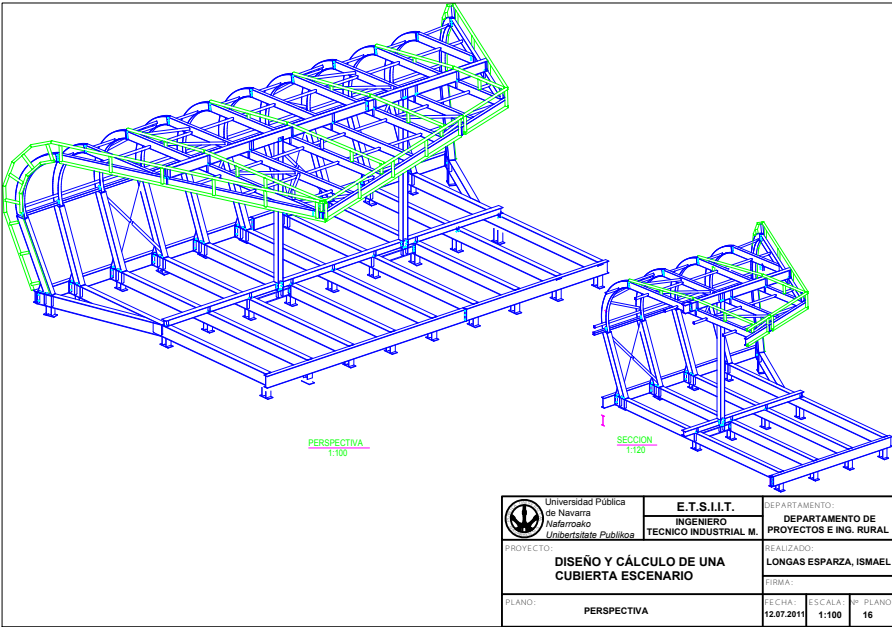


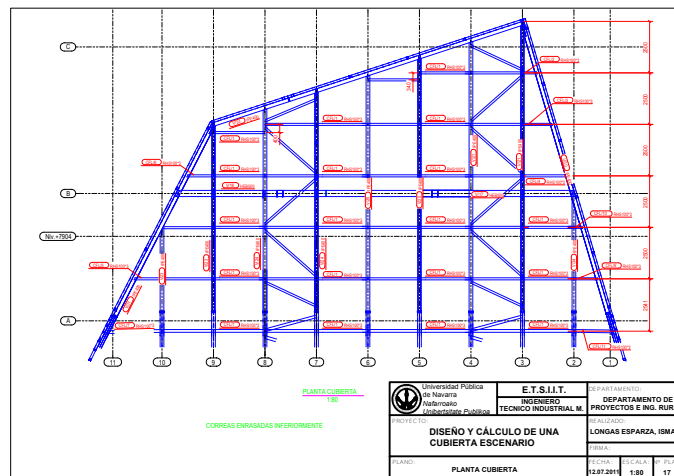
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: UNIONES ATORNILLADAS		FECHA: 17.06.2011	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 13



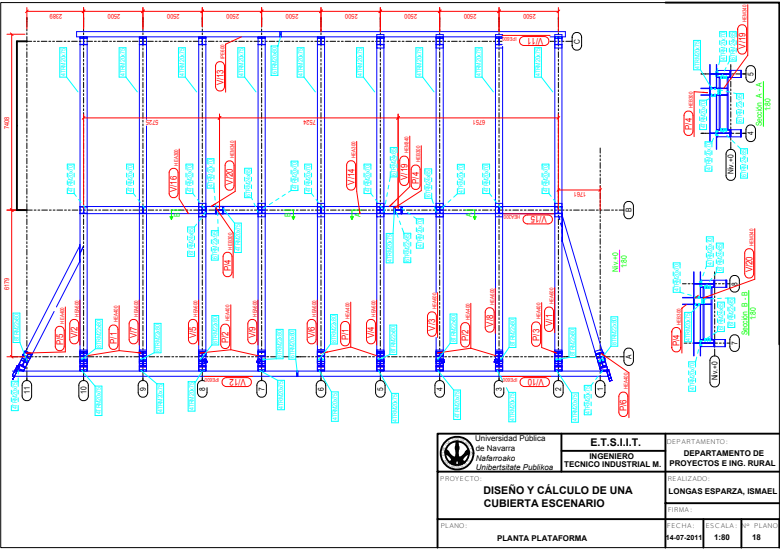


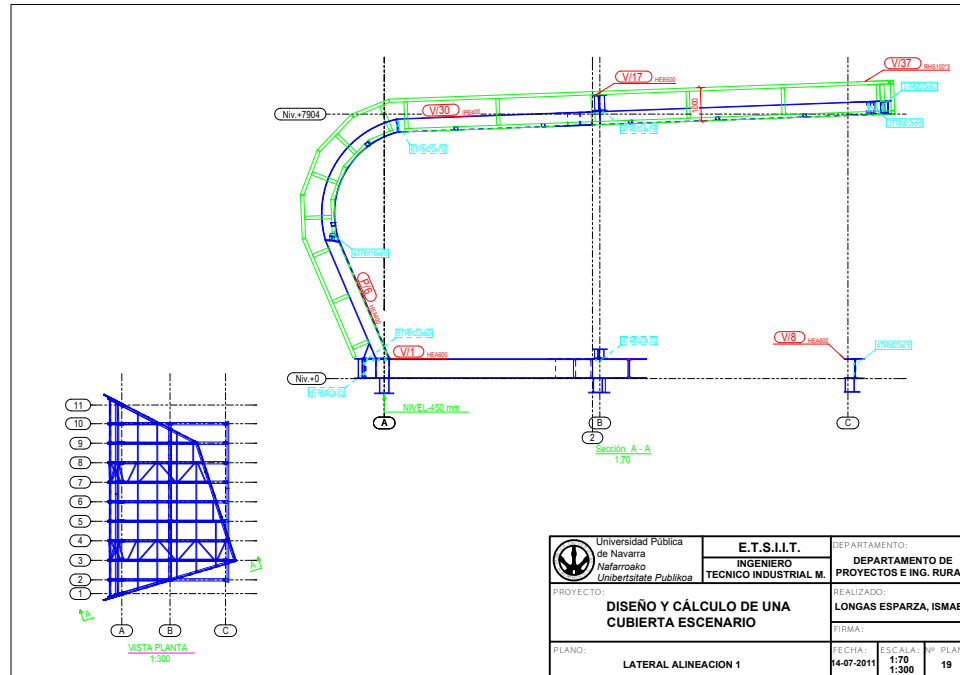
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: EJEMPLO PLANO DE ARMADO		FECHA: 30.06.11		ESCALA: 1:25
				Nº PLANO: 15



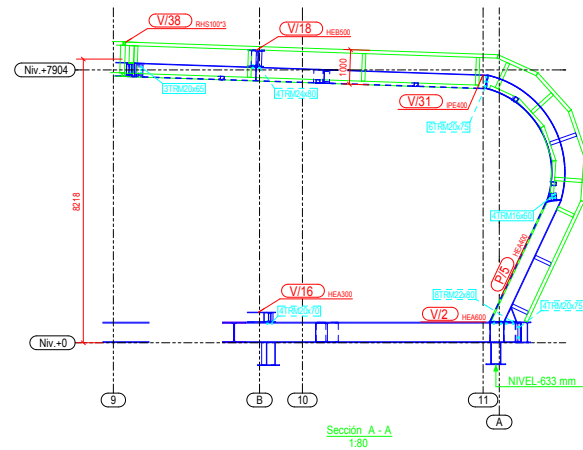


	Universidad Pública de Navarra	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE	
	Navarra	INGENIERO		PROYECTOS E ING. RURAL	
	Universidad Pública	TECNICO INDUSTRIAL M.		REALIZADO:	
				LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PROYECTO:		DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		FECHA:	
PLANO:		PLANTA CUBIERTA		Escala:	
				1:80	
				17	

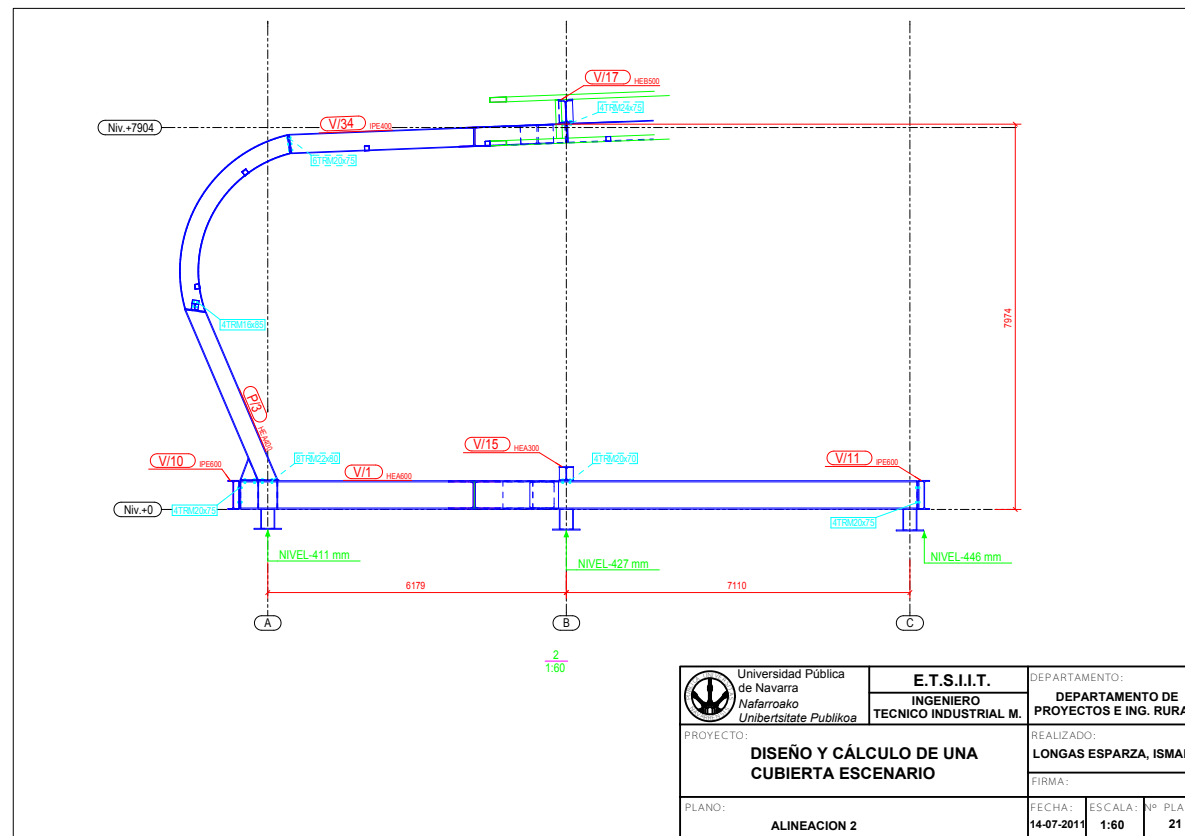





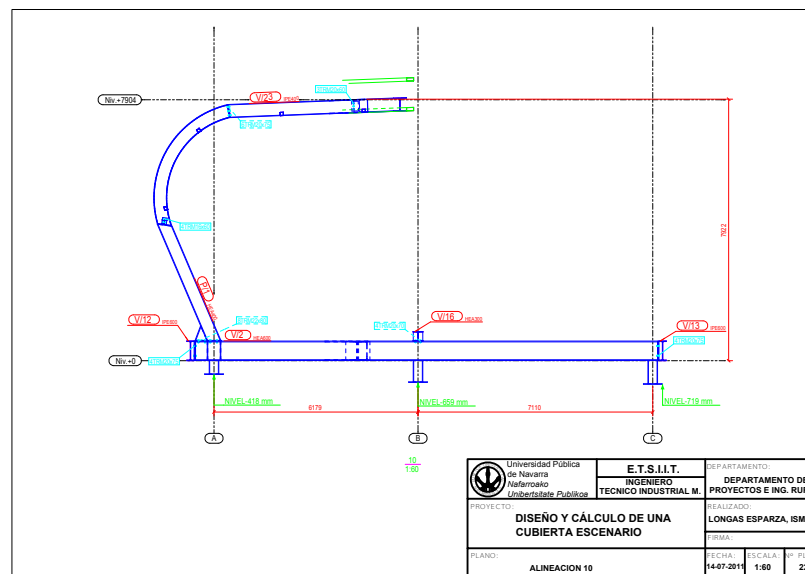
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO	REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL FIRMA:
PLANO: LATERAL ALINEACION 1	FECHA: 14-07-2011	ESCALA: 1:70 1:300
		Nº PLANO: 19

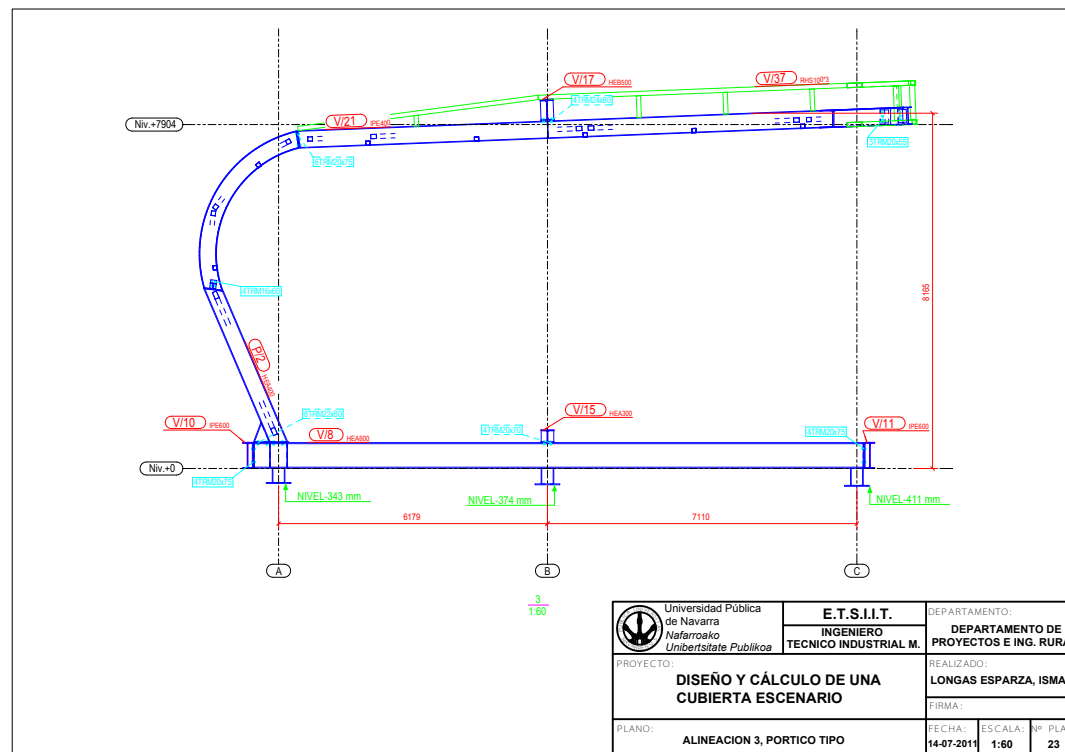


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL FIRMA: _____
PLANO: LATERAL ALINEACION 11	FECHA: 14-07-2011	ESCALA: 1:80 1:300	Nº PLANO: 20

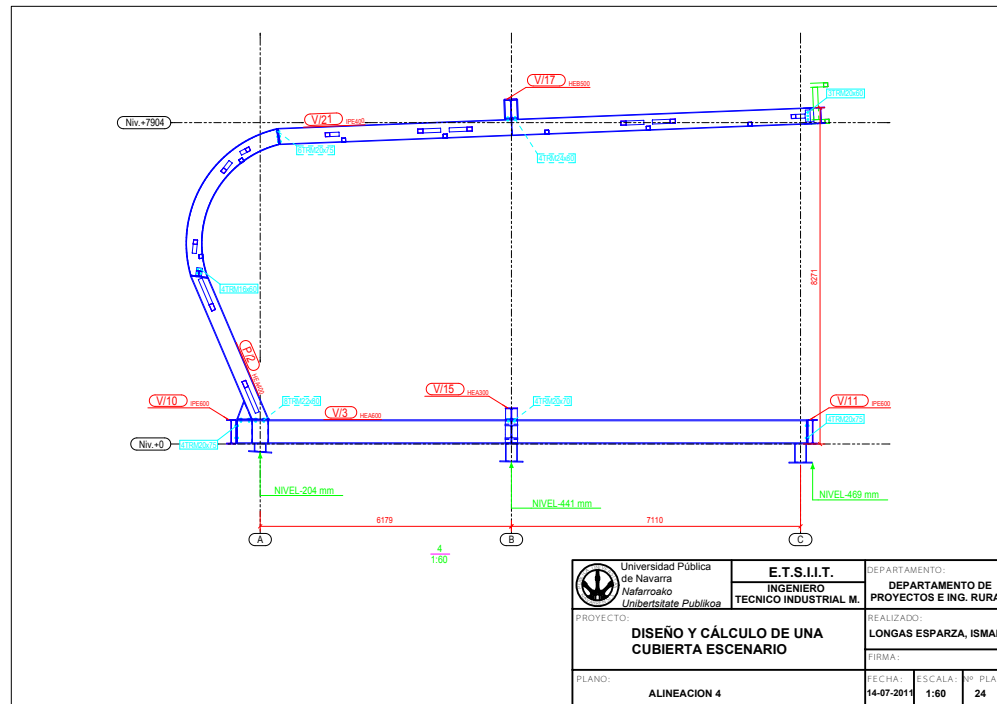



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMA FIRMA:		
PLANO:	ALINEACION 2		FECHA: 14-07-2011	ESCALA: 1:60	Nº PLANO: 21

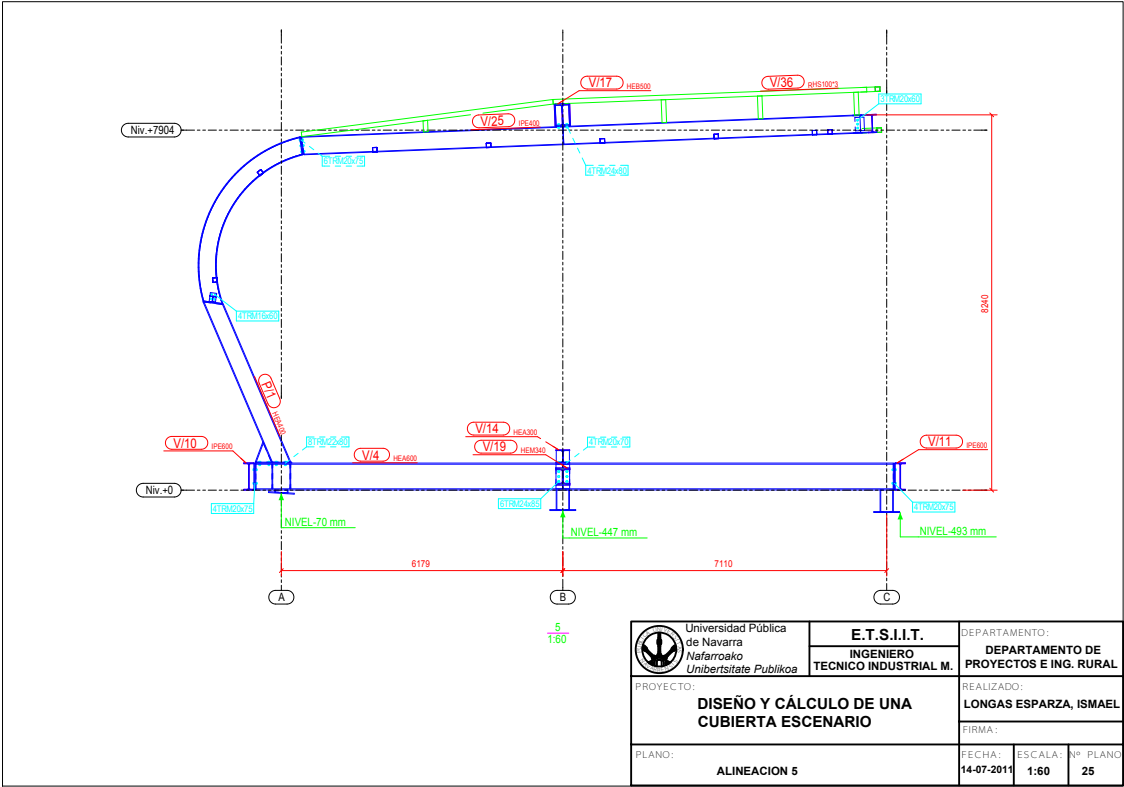


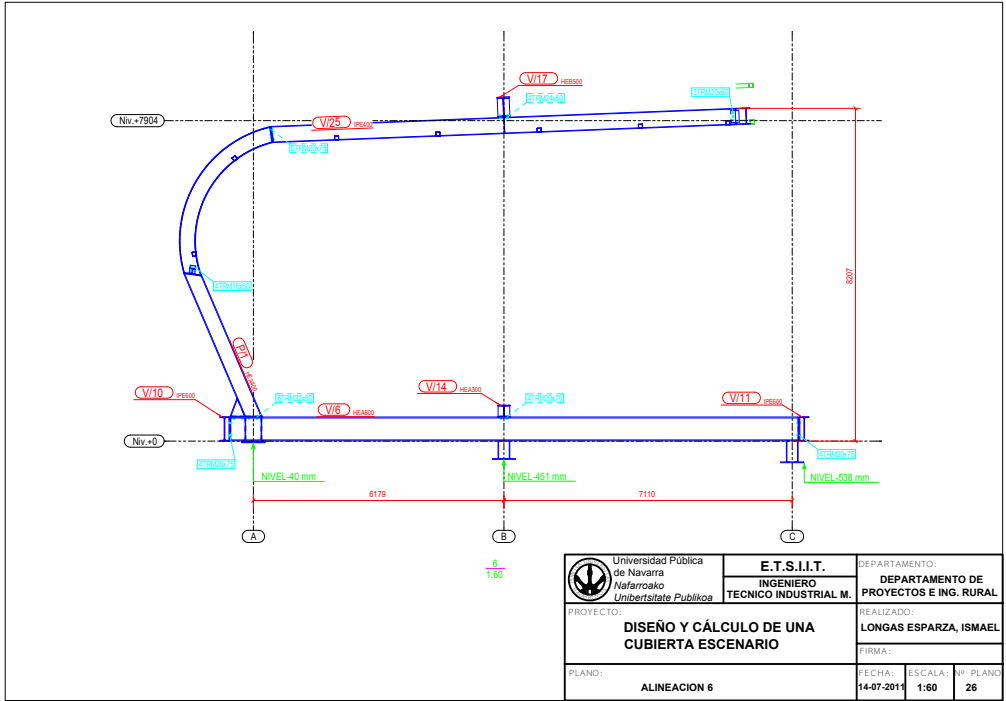


	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO	REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL		
PLANO: ALINEACION 3, PORTICO TIPO			FIRMA:	
			FECHA:	ESCALA: Nº PLANO:
			14-07-2011	1:60 23



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO		REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL	
PLANO: ALINEACION 4	FIRMA:		FECHA: 14-07-2011	
	ESCALA: 1:60		Nº PLANO: 24	





Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA
CUBIERTA ESCENARIO

REALIZADO:

LONGAS ESPARZA, ISMAEL

FIRMA:

PLANO:

ALINEACION 6

FECHA:

14-07-2011

ESCALA:

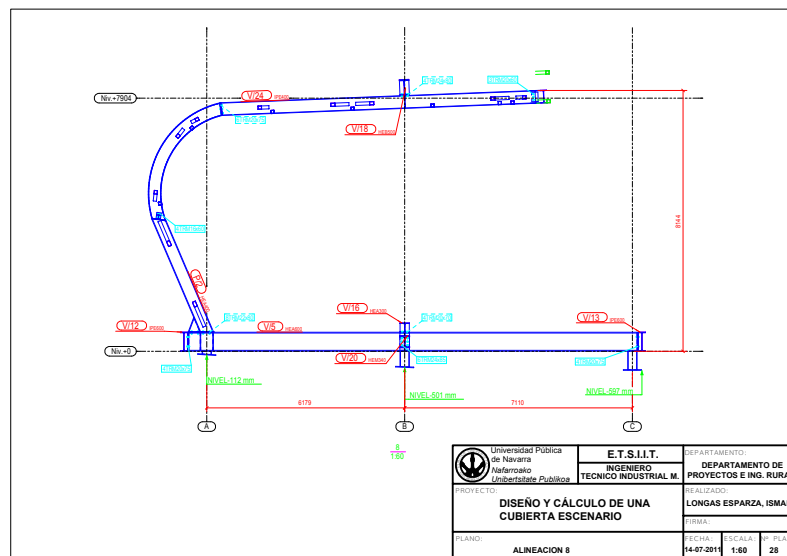
1:60

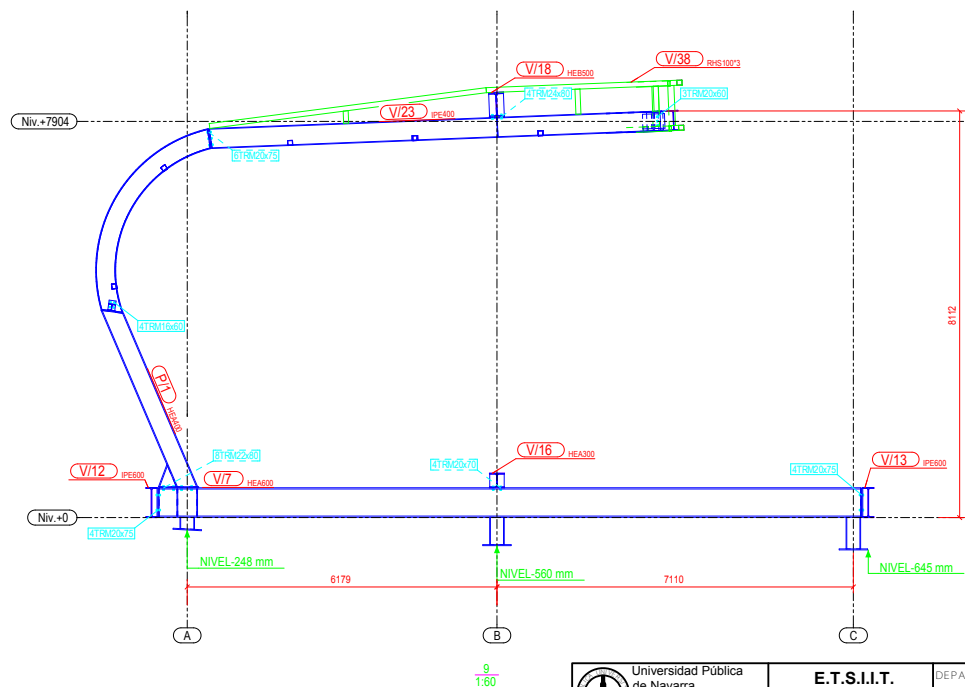
Nº PLANO:

26




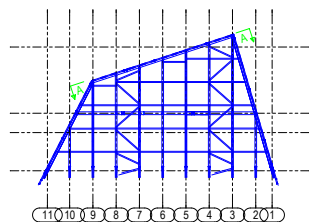
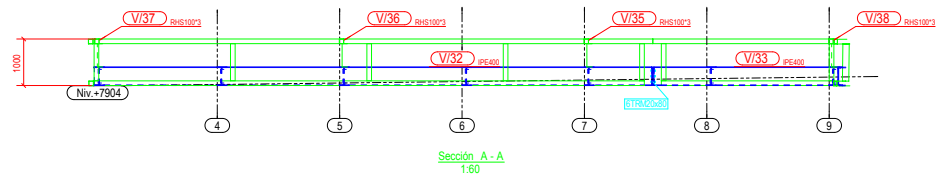
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE ING. RURAL		
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO	REALIZADO: RAMON ESPARZA, ISMAEL FIRMA:			
PLANO: ALINEACION 7	FECHA: 14-07-2011	ESCALA: 1:60	Nº PLANO 27		






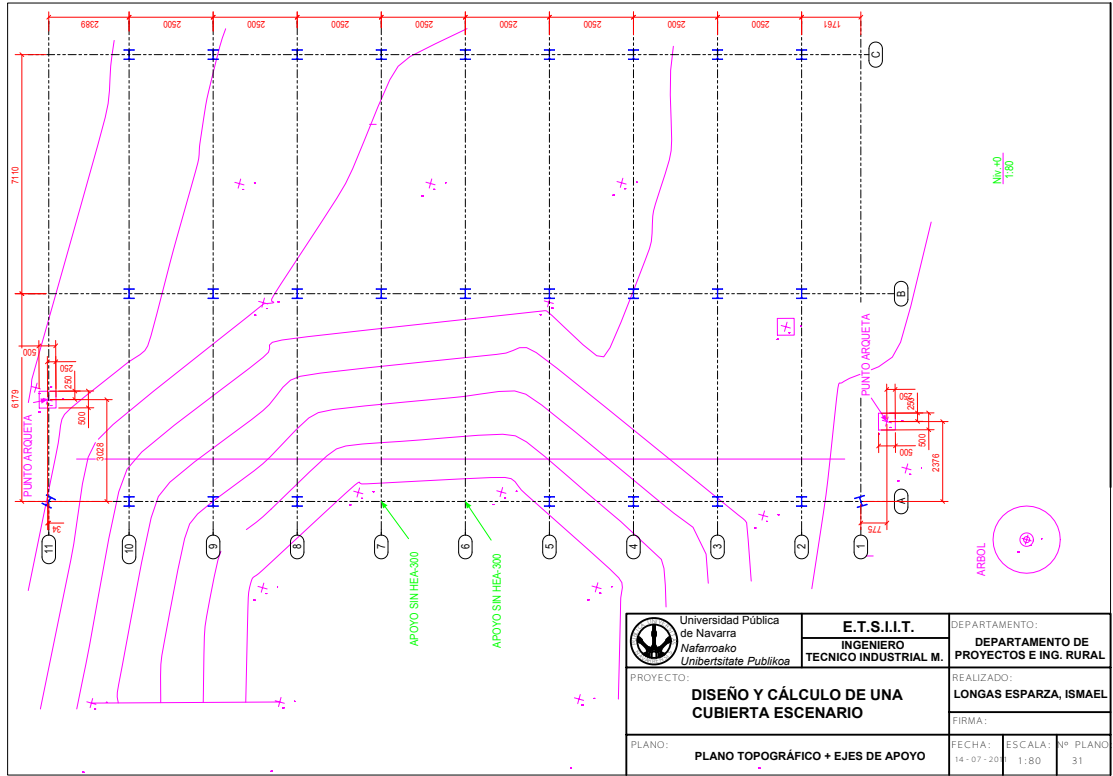
9
1:60


	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO			REALIZADO:		
			LONGAS ESPARZA, ISMAEL		
			FIRMA:		
PLANO: ALINEACION 9			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			14-07-2011	1:60	29



PLANTA CUBIERTA
1:300

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL.
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO	REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL FIRMA:
PLANO: PETO FRONTAL	FECHA: 14-07-2011	ESCALA: 1:60 1:300
		Nº PLANO: 30



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO	REALIZADO: LONGAS ESPARZA, ISMAEL		FIRMA:		
PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO + EJES DE APOYO	FECHA: 14 - 07 - 20			ESCALA: 1:80	Nº PLANO: 31	



DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA CUBIERTA ESCENARIO

TUTOR: Faustino Gimena Ramos

INTRODUCCIÓN

Jornadas Mundiales de la Juventud



Madrid, agosto 2011



Acto inaugural



CUBIERTA ESCENARIO

OBJETIVO GENERAL



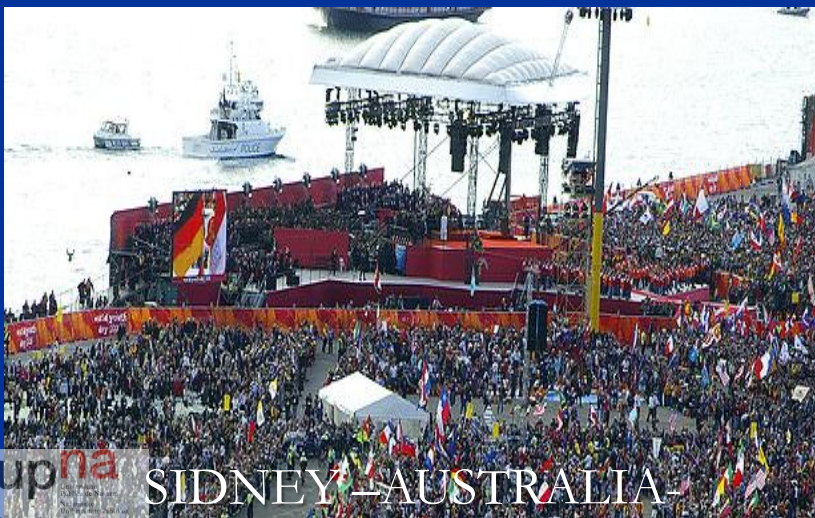
ANTECEDENTES



SANTIAGO DE COMPOSTELA



COLONIA -ALEMANIA-



SIDNEY -AUSTRALIA-



CUATROVIENTOS -MADRID-

REQUISITOS

1. ESCENARIO CUBIERTO

❖ SEMEJANTE A UNA MARQUESINA

formada por:

- BASE : - máximo espacio libre posible.
- CUBIERTA: - altura media 8m., útil 6m.

❖ SÓLO CERRADO por la parte POSTERIOR

❖ CAPACIDAD para 50 PERSONAS

REQUISITOS

2. UBICACIÓN en la PLAZA CIBELES

- ❖ ESTRUCTURA METÁLICA PUNTUAL

- ❖ SIN ANCLAJES

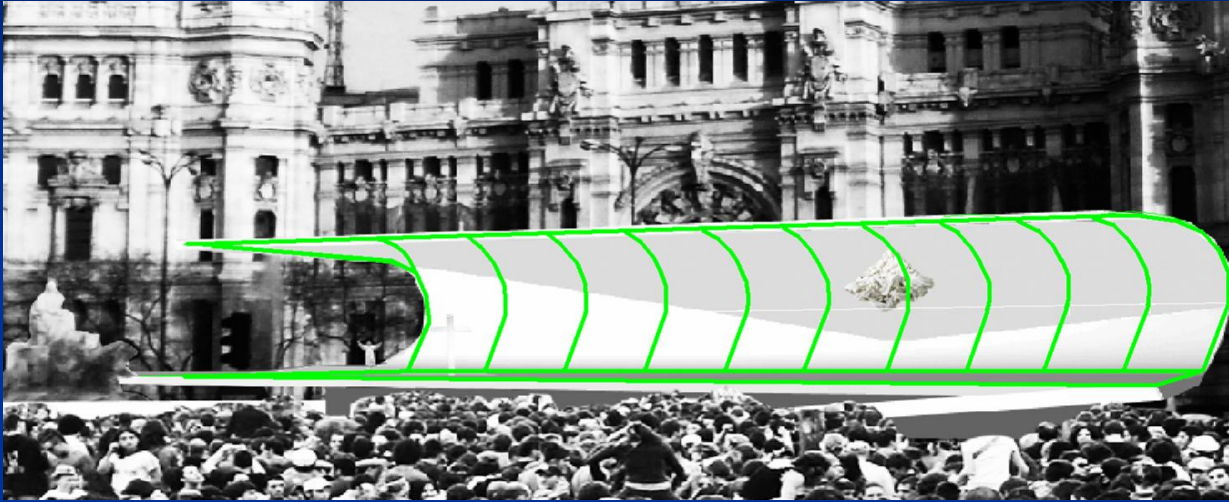
- ❖ POSICIONADO EN LA ACERA

DELANTE DEL EDIFICIO DE CORREOS:

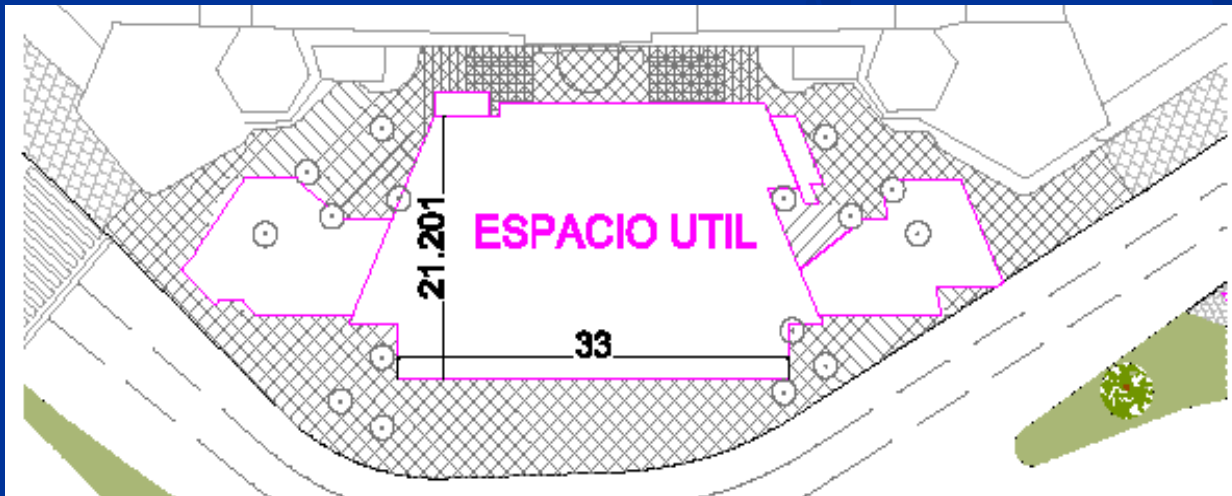
- Espacio disponible: 700 m²

REQUISITOS

1. ESCENARIO CUBIERTO



2. UBICACIÓN en la PLAZA CIBELES



OBJETIVOS



TECNICOS

❖ Separación máxima entre pórticos de 2,50m., con una pendiente de cubierta del 4% y con cerramiento exterior.

❖ Contemplar la zona eólica correspondiente y aplicar sus sobrecargas.

❖ Utilizar perfiles comerciales atendiendo a las prestaciones y características mecánicas deseadas.

OPERATIVOS

❖ Diseñar pórticos a un agua, con una luz de 16m., considerándolos rígidos en su comportamiento.

❖ Considerar marquesina. Zona eólica A, grado de aspereza V. Periodo de servicio, 50 años.

❖ Acero laminado S-275JR, perfiles conformados en caliente. Módulo de elasticidad: 2100000 kp/cm^2

TECNICOS

❖ Carecer de anclaje o cimentación alguna con el suelo.



❖ Modelar la estructura, obteniendo el despiece y sus planos.



❖ Integrarla en el paisaje. Sensación de proximidad.



❖ Montar la estructura en los tiempos establecidos.



OPERATIVOS

❖ Usar el peso propio de la estructura como única forma de anclaje con el suelo.

❖ Diseñar las piezas y conjuntos según las restricciones del transporte.

❖ Estética horizontal. Cerramientos en blanco.

❖ Tres turnos de noche asignados por el Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid.

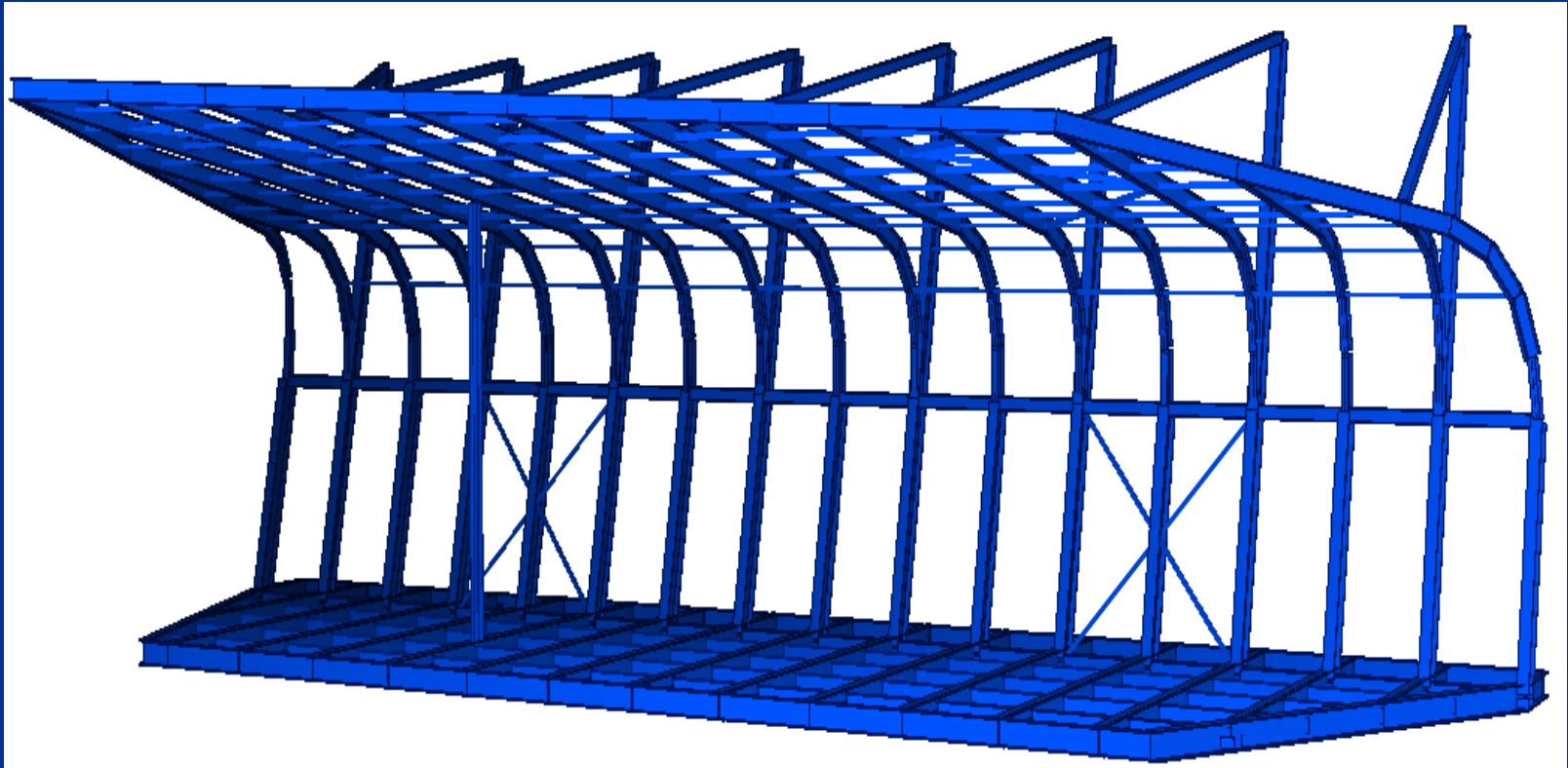
Debido a las fechas, no se tendrá en cuenta la acción de la nieve.

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

- FASE 1: Propuesta de posibles soluciones
- FASE 2: Cálculo de las soluciones propuestas mediante el software CYPE
- FASE 3: Selección de la propuesta final
- FASE 4: Diseño y modelado de la cubierta escenario con el programa TEKLA STRUCTURES
- FASE 5: Fabricación

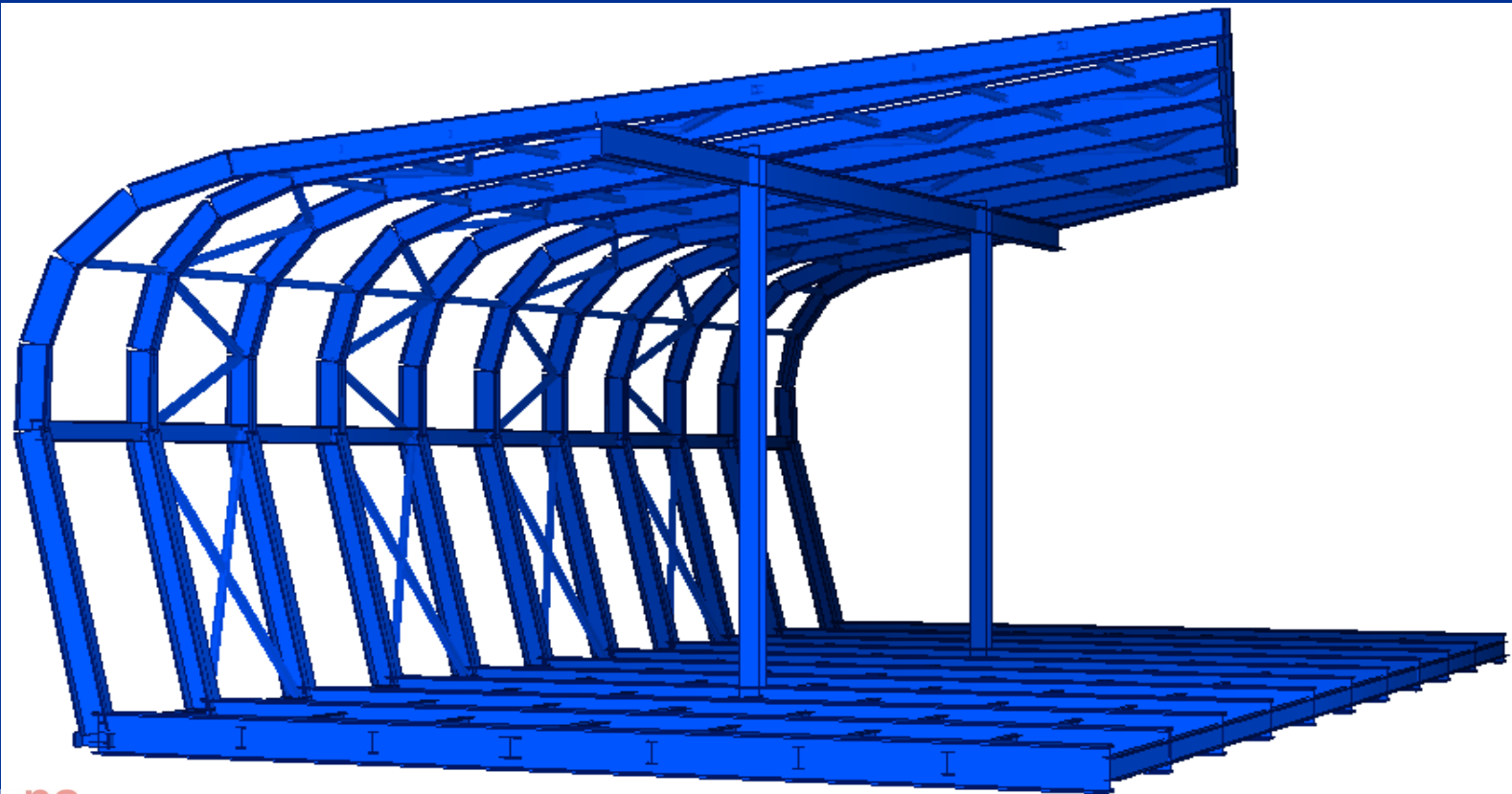
PROPUESTA DE POSIBLES SOLUCIONES

1ª PROPUESTA



PROPUESTA DE POSIBLES SOLUCIONES

2ª PROPUESTA



CÁLCULO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS MEDIANTE CYPE

1. Generador de pórticos —→ Dimensionado

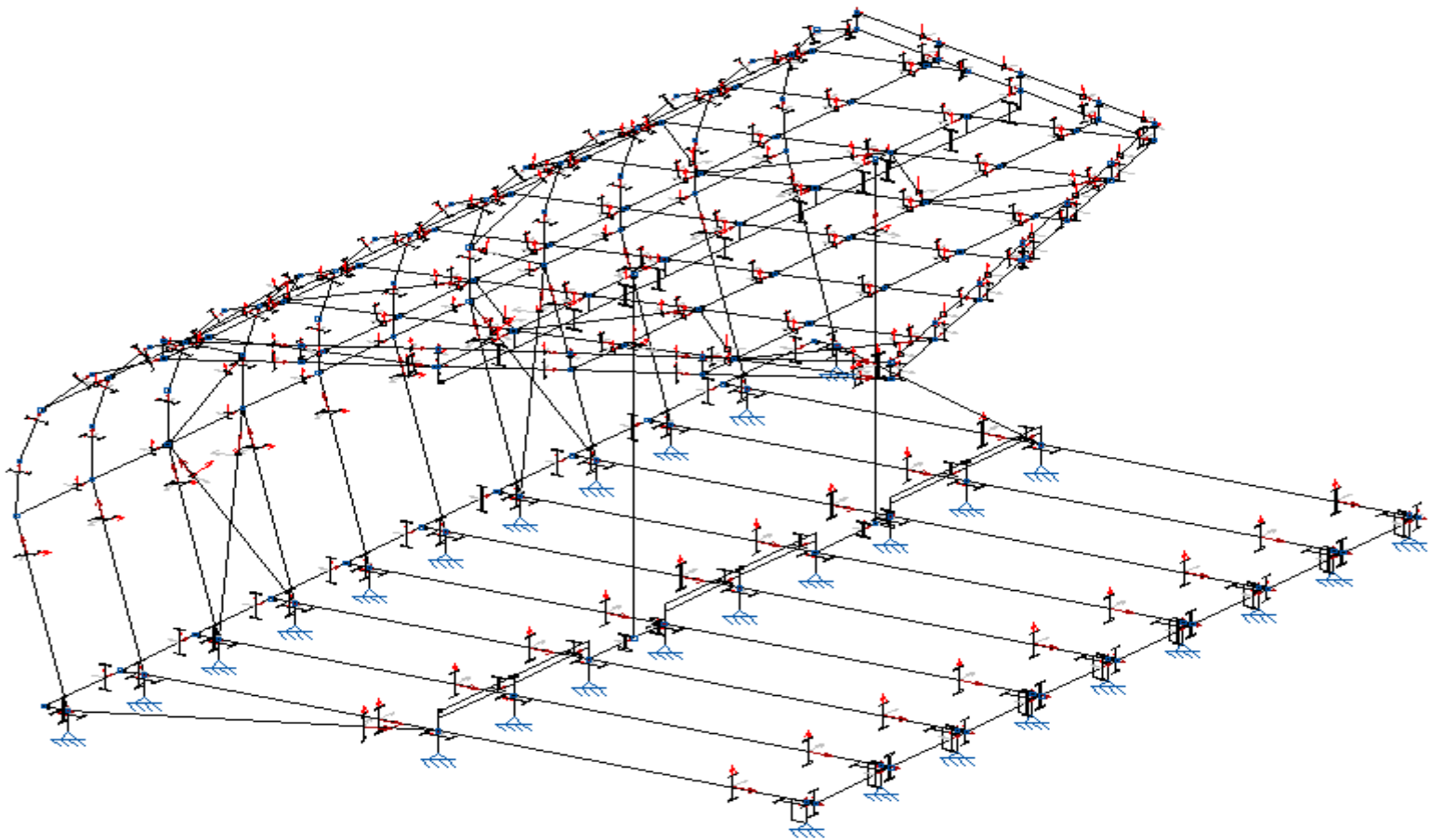
- C.T.E
- Dimensiones
 - Hipótesis climáticas
 - Cierres

2. Metal 3D —→ Estructura —→ Solicitaciones

- C.T.E
- Diseño
 - Sobrecargas
 - Limitación flecha, pandeo
 - Simulación de uniones y vinculaciones
 - Placas de anclaje

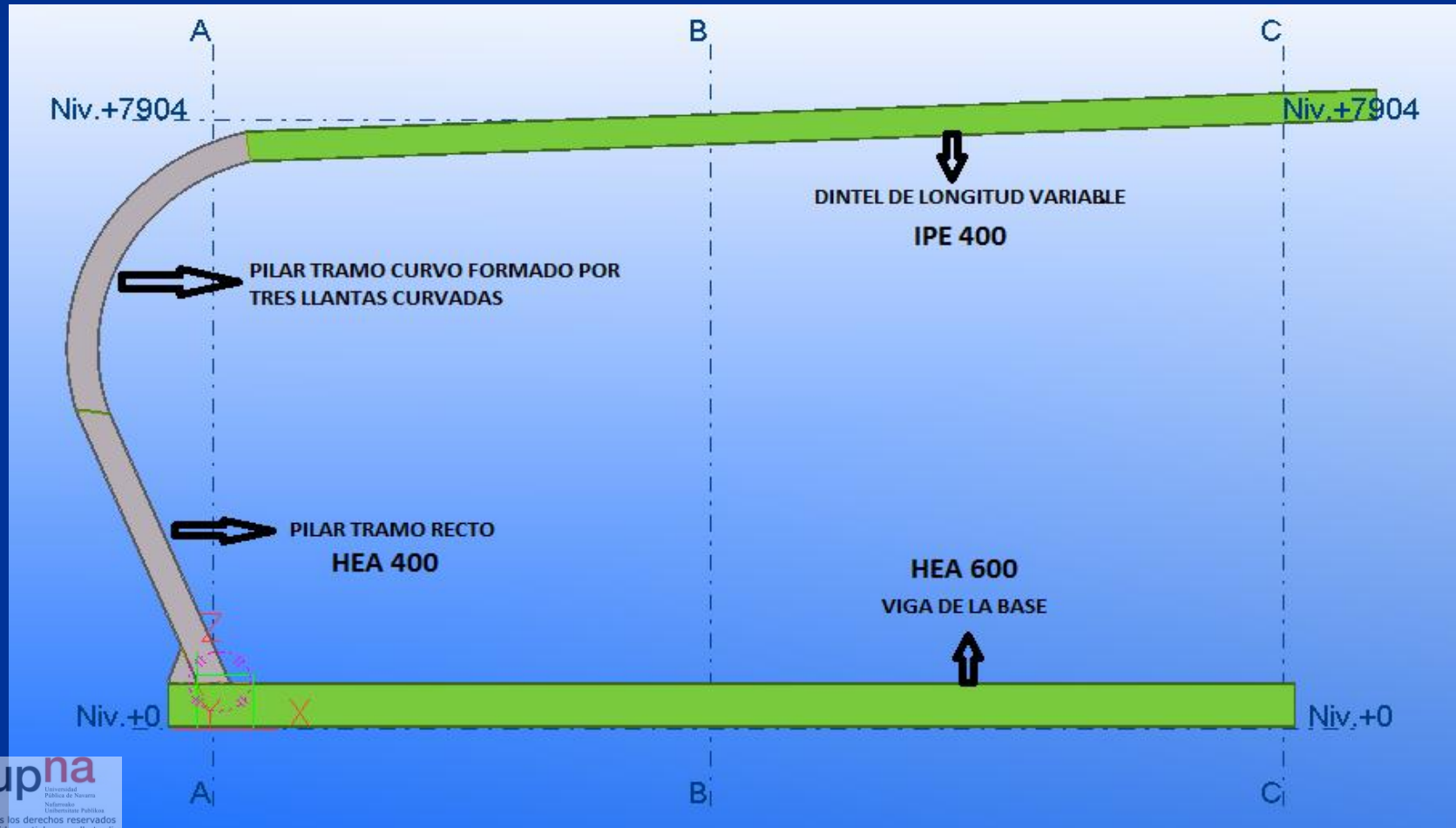
← APOYOS ←

SELECCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL



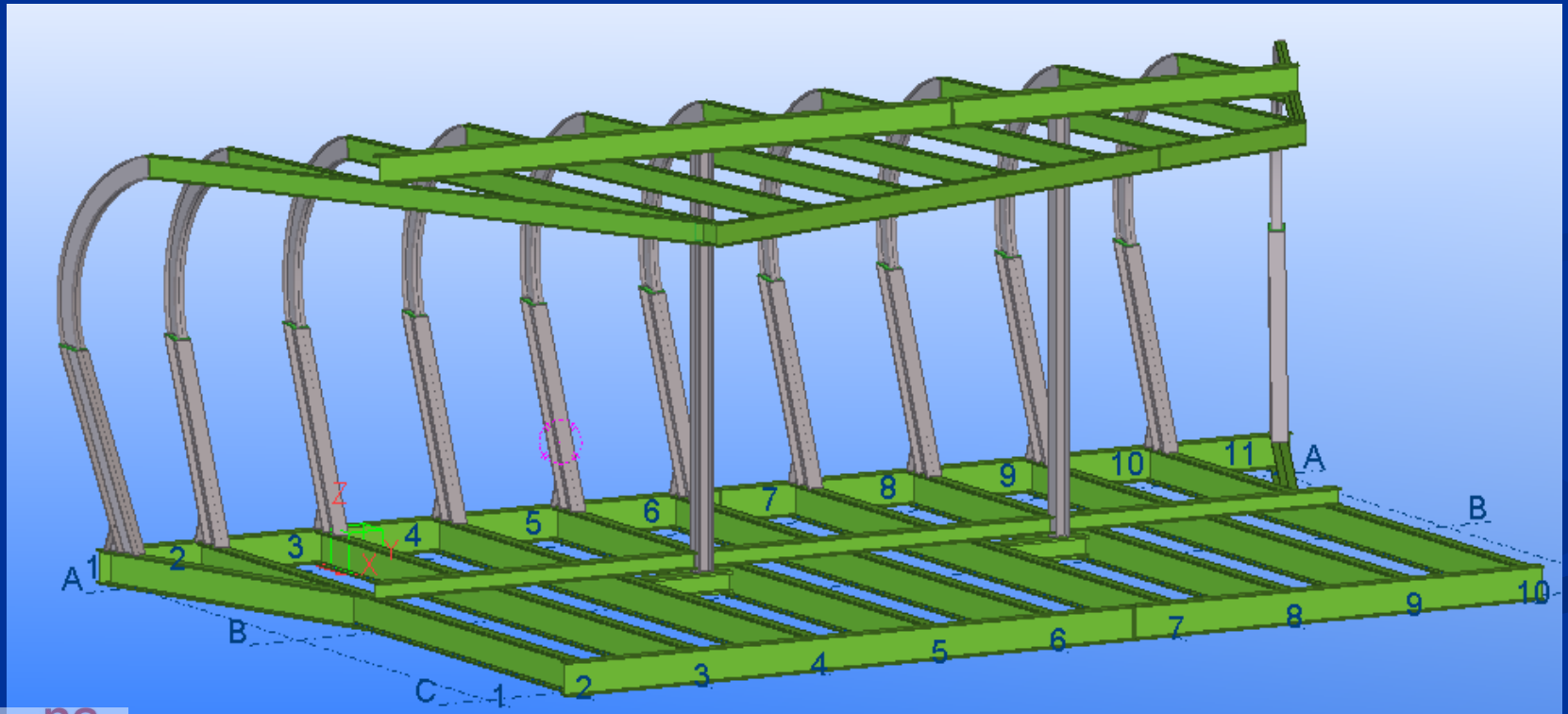
DISEÑO Y MODELADO CON TEKLA STRUCTURES

I. PORTICO TIPO



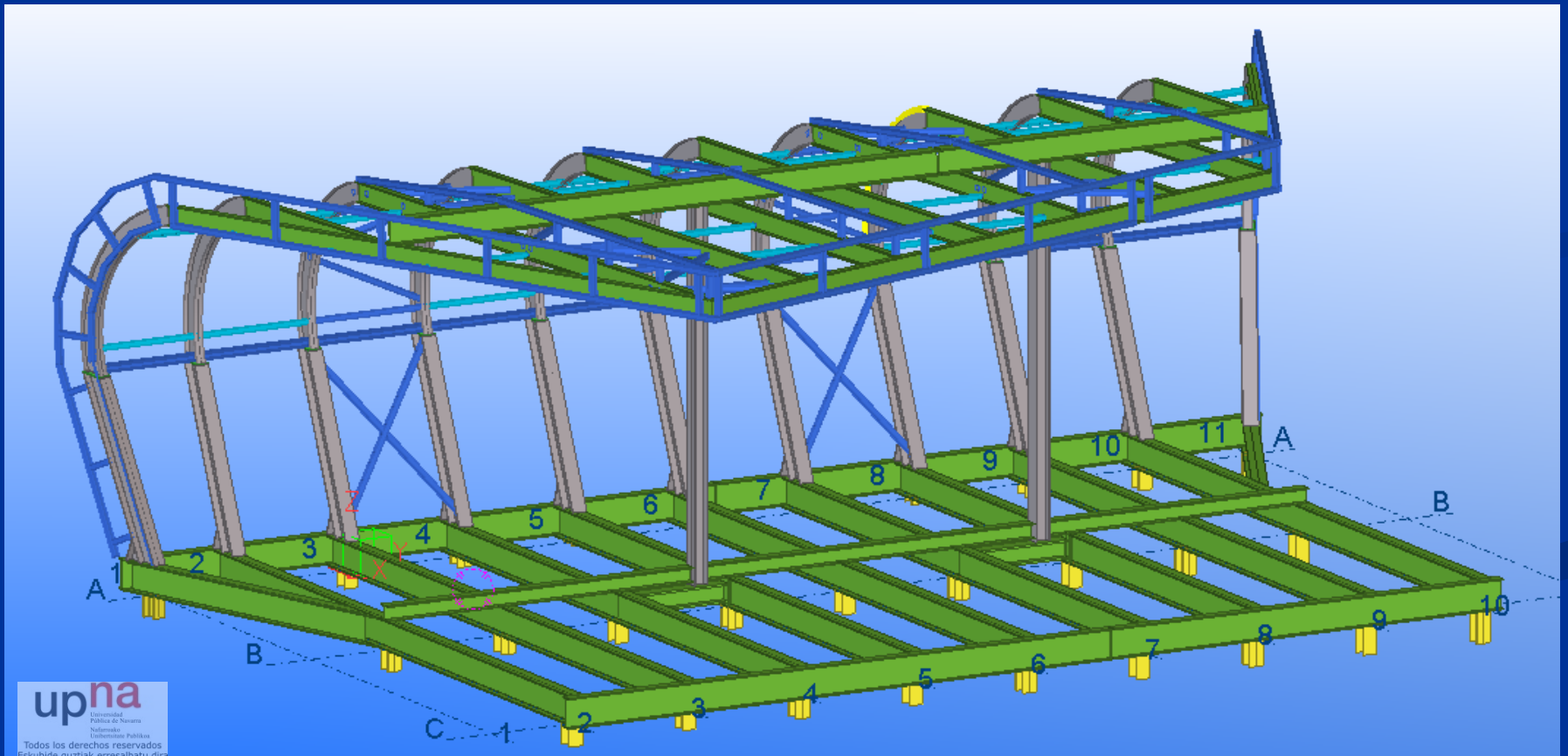
DISEÑO Y MODELADO CON TEKLA STRUCTURES

II. VIGAS PERIMETRALES + VIGA DE CARGA + PILARES CENTRALES



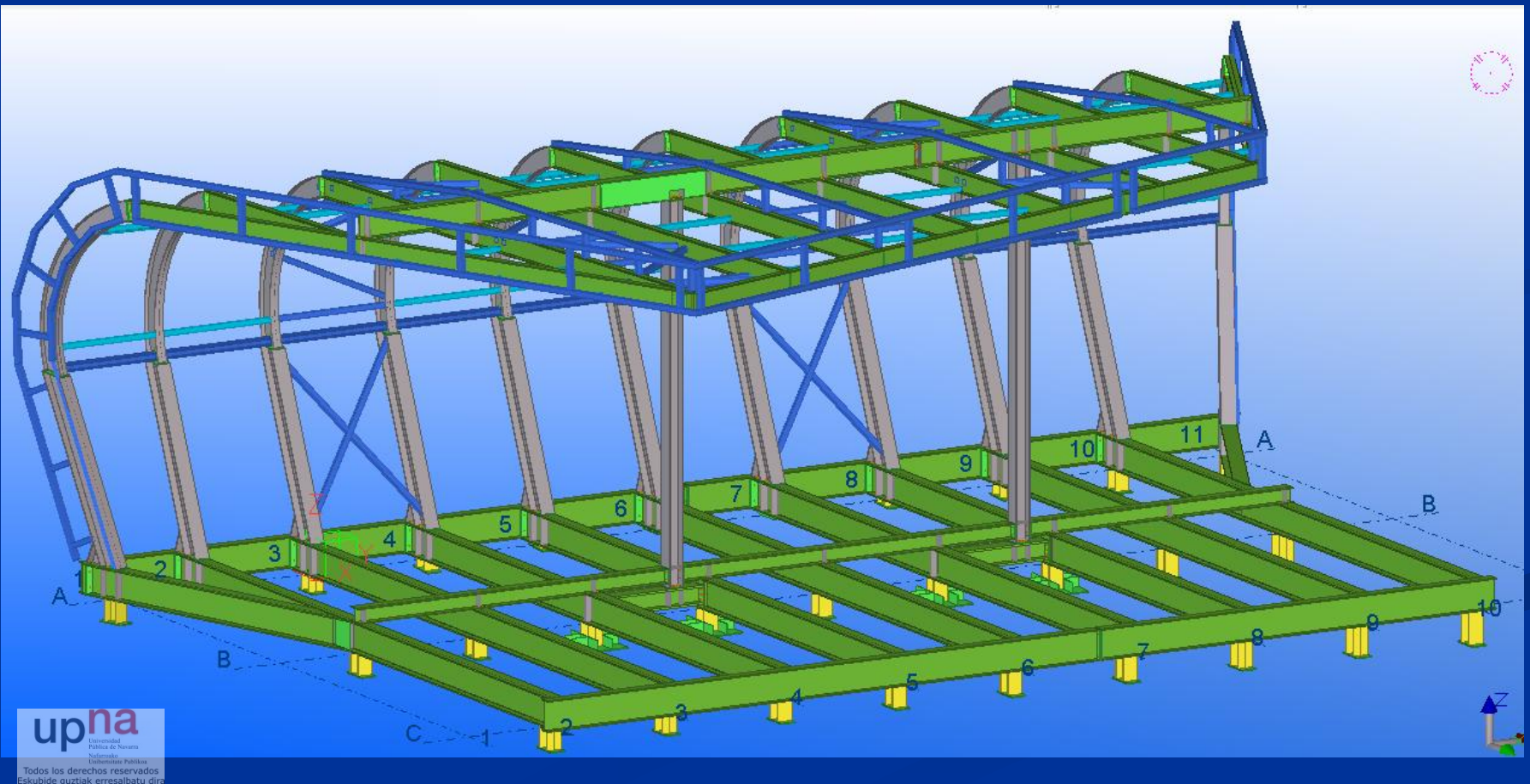
DISEÑO Y MODELADO CON TEKLA STRUCTURES

III. ATADOS + PORTICOS DE FRENADO + ARRIOSTRADOS + CORREAS + MENSULAS DE APOYO

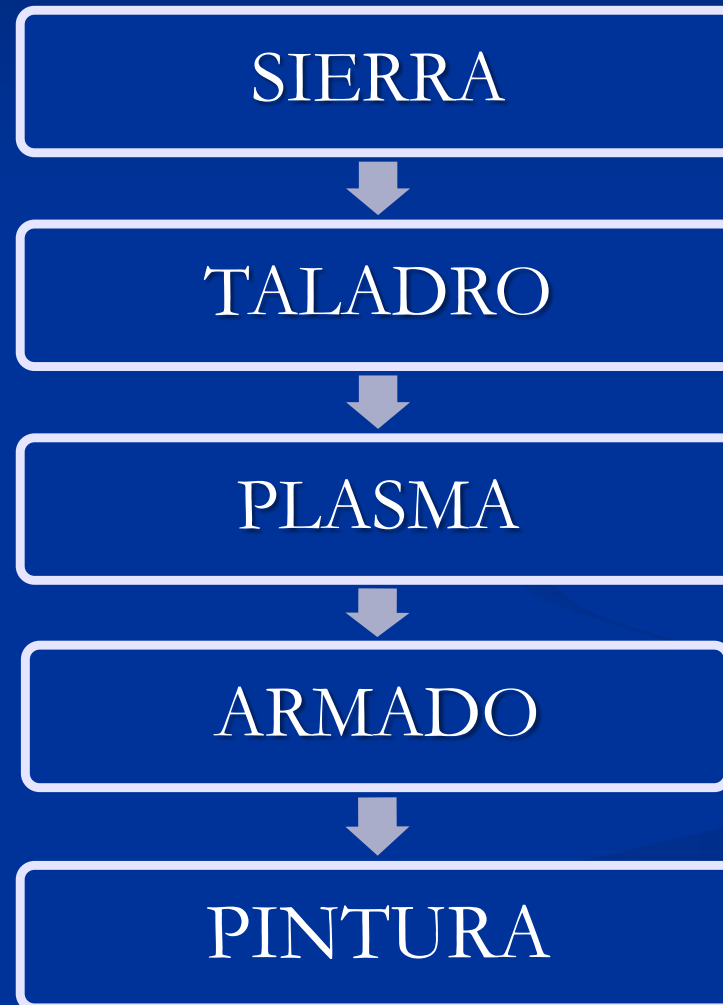


DISEÑO Y MODELADO CON TEKLA STRUCTURES

IV. UNIONES ATORNILLADAS + PLACAS DE ANCLAJE



FABRICACIÓN



FABRICACIÓN



TRANSPORTE



MONTAJE



RESULTADO FINAL



PRESUPUESTO

OFICINA TECNICA		3.367,43 €
MATERIAL		40.409,16 €
FABRICACIÓN		20.204,58 €
TRANSPORTE		5.387,89 €
MONTAJE		33.674,30 €
CONTROL DE CALIDAD		673,49 €
GASTOS GENERALES	15%	15.052,41 €
BENEFICIO INDUSTRIAL	10%	10.034,94 €
I.V.A.	18%	22.578,62 €

TOTAL PRESUPUESTO

148.015,39 €

